

علم وظائف الأعضاء

تأليف

دكتور
إبراهيم

دكتور
محمد طه

الطبعة الأولى

علم وظائف الأعضاء

(١٩٤٠)

إهـ ٢٠٠٥ء

رصيد عام

علم وظائف الأعضاء

الجزء الأول

تأليف

الدكتور

أحمد حسن

بكالوريوس (شرف) في علم وظائف الأعضاء
ماجستير علوم من الجامعة المصرية
دكتور في الفلسفة من جامعة فؤاد الأول
مدرس علم وظائف الأعضاء بكلية الزراعة

الدكتور

محمد طلعت

بكالوريوس طب وجراحة من كلية الطب
بكالوريوس (شرف) في علم وظائف الأعضاء
دكتور في الفلسفة من جامعة لندن
مدرس علم وظائف الأعضاء بكلية الطب
أستاذ علم وظائف الأعضاء بكلية الطب بالعراق

حقوق الطبع محفوظة للمؤلفين

إلى مصر والأقطار العربية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وفي أنفسكم أفلا تبصرون)

قرآن كريم

لقد قمنا بوضع هذا الكتاب لأننا وجدناه ضرورياً لازماً من عدة وجوه . فهو ضرورة لازمة لطالب كلية الزراعة الذي يدرس هذا العلم باللغة العربية ؛ وليس هناك — على ما نعلم — مرجع عربي حديث يمكن للطالب أن يقصده . وهو ضرورة لازمة لطالب كلية الطب الذي يدرس هذا العلم باللغة الانكليزية ؛ فعلم وظائف الأعضاء بمثابة الأساس في بناء علوم الطب الأخرى . ولا يكفي أن يستذكر الطالب بعض نقطه وينجح في الامتحان بل يجب أن يفهمه جيداً ويستوعب معانيه جيداً حتى يسهل عليه تتبع الفروع الطبية الأخرى . وليس أبعث على ذلك للطالب المصري أو العربي من قراءة هذا العلم بلغته الأصلية ، جنباً إلى جنب مع مراجعته الانكليزية . وهو ضرورة لازمة كمرجع لأولئك الذين يقومون بتدريس علم الحياة في المدارس الزراعية المتوسطة والمدارس الثانوية . وهو ضرورة لازمة لرجال الاجتماع والاقتصاد والسياسة الذين ينظمون حياة الإنسان من عمل وغذاء ومسكن وما إليها ؛ إذ يجب عليهم أن يعلموا شيئاً عن هذه الآلة الإلهية وعما تحتاجه من وقود لتسييرها ، أو من عناصر لترميمها ، وعما يمكنها أن تؤديه من عمل تحت العوامل المختلفة . وهو ضرورة لازمة لكل من يريد أن يزداد إيماناً بالله . فكل خلية من خلايا أجسامنا آية ناطقة بعظمة الصانع جل شأنه وعلا .

وقد لوحظ أن الحاجة ماسة إليه لما كلف أحدنا بتدريس هذه المادة

لطالبات الاختصاص في التدليك والكهرباء بكلية الطب سنة ١٩٣٥ و بانتدابه لمعهد التربية البدنية العالي للبنين سنة ١٩٣٨ . وزادت الحاجة إلى هذا المرجع بدخول تلك المادة ضمن برامج كلية الزراعة حيث عهد للآخر بتدريسها وقد رأينا توحيداً للجهود أن نشترك في تأليف هذا المرجع .
وإننا إذ نتقدم بالجزء الأول من هذا الكتاب نرجو أن نكون قد وفقنا بعض التوفيق في إخراجه . نقول بعض التوفيق وليس كله ، لأننا نعلم علم اليقين أننا أبعد ما نكون عن التوفيق الكامل ؛ وذلك لا عن تواضع منا وإنما لوجوه نقص كثيرة لم يمكننا أن نتفادها في هذه الطبعة ومن المؤكد لنا أن كثيراً من زملائنا سيجدون المجال واسعاً لنقد الكتاب وإننا نرحب بهذا النقد كل الترحيب ، ونرجو أن يوافقونا بكل ما يرويه من أوجه النقص ومواضع الخطأ والزلل حتى نصل بالكتاب في الطبقات القادمة بإذن الله إلى درجة تحوز رضاهم .

ولقد وجدنا بعض الصعوبة في تعريب كثير من المصطلحات العلمية . وكان القاموس القيم للدكتور محمد شرف خير معين لنا في ذلك . ونرجو أن يتم في القريب العاجل التعاون بين الناطقين بالضاد ، وقد رأينا أن نضع بجانب النص العربي النص الانكليزي حتى يسهل على الطالب تتبع المراجع الانكليزية وزيادة معلوماته بعد قراءة هذا الكتاب .

وإننا ننتهز هذه الفرصة لنسجل اعترافنا بفضل حضرة صاحب العزة محمود توفيق الحفناوى بك عميد كلية الزراعة ووزير الزراعة السابق في تشجيعه ونصحه بعمل هذا المرجع حيث كان من آثار نهضته بالتعليم الزراعى فى مصر إدخال هذا العلم ضمن برامج الكلية لما له من علاقة وثيقة بعلوم تربية الحيوان وتغذيته والألبان .

وإننا نتقدم بحزبيل الشكر لأستاذنا الفاضل الدكتور ج . ف . أنرب أستاذ علم وظائف الأعضاء بكلية الطب ؛ وما هذا الكتاب إلا إحدى ثمرات

تعاليمه . كما نشكر أستاذنا الفاضل الدكتور مصطفى حموده وباقي أعضاء هيئة التدريس بقسم علم وظائف الأعضاء . إذ أن هذا المجهود ماهو إلا نتيجة للعلاقة العلمية الوثيقة التي بيننا وبين جميع أفرادهم . وإتنا مدينون لأستاذنا الفاضل الدكتور على حسن أستاذ الكيمياء الحيوية بكلية الطب ولزميلنا النابغة الدكتور محمد شفيق الريدى مدرس الكيمياء الحيوية على مراجعتهم لكثير من أبواب الجزء الأول وقد كان لتشجيعهما المتواصل أثر كبير فى إنجاز هذا الجزء من الكتاب . وإتنا نريد أن نبين بوضوح أنهما لم يطلعا على بعض أبواب هذا الجزء قبل طباعته . وكل ما به من نقص تقع مسئوليته على عاتقنا وحدنا . ونقدم بالشكر الوافر للدكتور أمين على طرخان مدرس الهستولوجيا بكلية الطب على مراجعة الباب الثانى وتصحيحه . ونشكر الأستاذ إسماعيل شوقى رئيس تشغيل مطبعة مصر على تصحيح اللغة العربية لكثير من أبواب الكتاب . كما نشكر الأساتذة أصحاب المراجع الأجنبية على نقل كثير من الأشكال من مراجعهم . ولا يفوتنا أن نشكر صاحب ومدير وعمال مطبعة الاعتماد على معوتهم لنا وعلى ما قاموا به من مجهود قيم فى إنجاز طباعة هذا الجزء فى وقت قصير .

وإتنا نرجو أن نكون قد وفقنا إلى القيام ببعض الواجب علينا لأمتنا العزيزة والأقطار العربية الشقيقة . ونرجو أن نكون بهذا الكتاب قد أضفنا حجراً إلى ذلك البناء الضخم الذى شيده ولا يزال يشيده عميد الطب فى مصر صاحب المعالى الدكتور على إبراهيم باشا وإنه ليسرنا كل السرور أن يظهر الجزء الأول من هذا الكتاب وقت الاحتفال بيوبيله الفضى .

وفقنا الله إلى ما فيه الخير فى ظل حضرة صاحب الجلالة الدكتور
فاروق الأول نصير العلم والجامعة حفظه الله ؟

محمد طلعت - محمد حسن
مطبعة

كل نسخة غير ممهورة بختم المؤلفين أو توقيعهما تعتبر مسروقة

محتويات الكتاب

صفحة

الباب الأول . مقدمة ، الخلية ، ميزات الحياة ، الطرق المتبعة في بحث وظائف الأعضاء	٩
الباب الثاني . التركيب الميكروسكوبى للجسم ، النسيج الطلائى ، النسيج الضام ، النسيج العضلى . النسيج العصبى	١٤
الباب الثالث . التركيب الكيميائى للبروتوبلازم ، العناصر ، المركبات العضوية : الدهون ، مائيات الكربون ، البروتينات	٣٠
الباب الرابع . الهضم ، الجهاز	٥٠
الباب الخامس . الهضم فى الفم ، أعصاب الغدد اللعابية ، تأثير تذييه الأعصاب اللعابية ، كيفية إفراز اللعاب ، التركيب الكيميائى لللعاب ، وظائف اللعاب ، البلع	٥٨
الباب السادس . الهضم فى المعدة ، العصير المعدى ، حامض الكلوردرىك وظائف حامض الكلوردرىك ، وظيفة الخميرة ببسين ، وظيفة الخميرة رنين ، وظيفة الخميرة ليبز ، وظيفة المخاطين ، إفراز العصير المعدى ، كيفية إفراز العصير المعدى ، الإفراز العصبى ، الإفراز الناتج من وجود الطعام بالمعدة ، تأثير الدهن فى الإفراز المعدى حركات المعدة ، تأثير الأعصاب على حركات المعدة ، ترجيع محتويات الاثنى عشر إلى المعدة ، القيء ، الاجترار	٦٩
الباب السابع . الهضم فى الأمعاء الدقيقة ، عصير البنكرياس ، عمل التربسين ، عمل اميليز البنكرياس ، عمل ليبز البنكرياس ، إفراز عصير البنكرياس ، عصير الأمعاء الدقيقة ، كيفية إفراز عصير الأمعاء الدقيقة ، إفراز المخاطين ، إفراز الكبد ، تركيب الصفراء ،	

صفحة

- أملح الصفراء ، أصباغ الصفراء ، الكوليسترول ، وظائف .
 الصفراء ، كيفية إفراز عصير الصفراء ٨٤
- الباب الثامن . حركات الأمعاء الدقيقة ، الحركات الدودية ، الحركات
 المجزئة ، الحركات البندولية ، أعصاب الأمعاء ، العضلة العاصرة
 اللقائية القولونية ١٠٠
- الباب التاسع . وظائف الأمعاء الغليظة ، حركات الأمعاء الغليظة ،
 التبرز ، البراز ١٠٥
- الباب العاشر . امتصاص الأطعمة . مكان الامتصاص ، آلية الامتصاص ١١١
- الباب الحادى عشر . التمثيل الغذائى العام ، الهدم والبناء ، الطرق المستعملة
 فى تقدير سرعة التمثيل الغذائى ، التقدير الحرارى المباشر ، معامل
 التنفس ، أهمية معامل التنفس ، الأخطاء التى قد ترتكب من
 استنتاجات معامل التنفس ، التقدير الحرارى الغير المباشر . . . ١١٥
- الباب الثانى عشر . سرعة التمثيل الغذائى ، سرعة التمثيل الغذائى القاعدية ،
 العوامل التى تؤثر فى سرعة التمثيل الغذائى القاعدية ، عوامل
 فسيولوجية ، عوامل كيميائية ، عوامل مرضية ١٣٥
- الباب الثالث عشر . تأثير الطعام على سرعة التمثيل الغذائى ، الفعل النوعى
 الديناميكى للطعام ، تأثير المجهود الرياضى على التمثيل الغذائى العام ،
 سبب دين الأوكسيجين ، الحالة الثابتة ، الوقود الذى تستعمله
 العضلات فى المجهود الرياضى ، تأثير المجهود الرياضى على التمثيل
 الغذائى للبروتين ، تأثير المجهود الرياضى على درجة حرارة الجسم ،
 قدرة الجسم الميكانيكية ، تأثير درجة حرارة الجو على سرعة التمثيل
 الغذائى ، تنظيم درجة حرارة الجسم ، التنظيم الكيميائى ، التنظيم
 الطبيعى ، الحرارة المفقودة عن طريق الجلد ، العوامل الجوية التى
 تؤثر على تبريد الجسم ١٤٣

صفحة

- الباب الرابع عشر . الصيام ، تأثير الصيام ، التمثيل الغذائى وقت الصيام ،
تمثيل البروتين فى الصيام ، تمثيل الدهون ، تمثيل مائيات الكربون
البول وتمثيل الأملاح الغير العضوية فى الصيام ١٧٠
- الباب الخامس عشر . التمثيل الغذائى الخاص ، التمثيل الغذائى للبروتينات ،
امتصاص البروتينات ، استعمال البروتينات ، التوازن الأزوتى ،
النهاية الصغرى للتوازن الأزوتى ، التوازن الأزوتى الصحى ، طرد
المجموعات الأمينية من الأحماض الأمينية ، البولينا ، تكوين
البولينا فى الجسم ، كيمياء تكوين البولينا ، الأهمية الفسيولوجية
للبولينا ، تحويل البروتينات إلى مائيات الكربون فى الجسم ،
تحويل البروتين إلى دهن بالجسم ١٧٨
- الباب السادس عشر . التمثيل الغذائى للكرياتين ، وجود الكرياتين
بالجسم ، منبع الكرياتين للجسم ، أين يصنع الكرياتين بالجسم ،
أين يصنع الكرياتينين ، وظيفة الكرياتين ، إخراج الكرياتين
والكرياتينين بالبول ٢٠٠
- الباب السابع عشر . التمثيل الغذائى للكبريت ، المركبات الغير العضوية ،
مركبات الكبريت العضوية ، إخراج الكبريت من الجسم ٢٠٦
- الباب الثامن عشر . التمثيل الغذائى للبروتين النووى ، هضم البروتين
النووى ، استعمال نتائج هضم البروتين النووى بالجسم ، تكوين
قواعد البيورين فى الجسم ، الحامض البولى ، مرض النقرس ٢٠٩
- الباب التاسع عشر . التمثيل الغذائى لمائيات الكربون ، سكر الدم ، مصادر
سكر الدم ، استعمال مائيات الكربون بالجسم ، جليكوجين الكبد ،
أكسدة مائيات الكربون إلى ثانى أكسيد كربون وماء بالأنسجة ،
الخطوات المتوسطة فى تحويل الجليكوجين إلى حامض اللبنيك ،
تحويل مائيات الكربون إلى دهن ، صناعة عدة مركبات بالجسم ،
إخراج السكر بالبول أو الجلو كوزوريا . أنواع الجلو كوزوريا ،

صفحة

- الجلوكوزوريا الهضمية ، الجلوكوزوريا الكلوية ، جلوكوزوريا
الانفعالات النفسية ، جلوكوزوريا الفلوردين ، جلوكوزوريا
البنكرياس ، تأثير إعطاء الانسولين للمريض بالبول السكري ،
العلاقة بين الفص الأمامي للغدة النخامية والبنكرياس ، مختصر
٢٢٠ لتنظيم نسبة السكر في الدم
- الباب العشرون . امتصاص الدهون ، طريق الامتصاص ، استعمال
الدهنيات بالجسم ، الدهن المخزون ، مصادر الدهن المخزون ،
السمنة ، علاج السمنة ، دهن الأنسجة ، وظائف الفسفوليبيد ،
أكسدة الدهن ، كيمياء أكسدة الأحماض الدهنية ، تحويل الدهن
إلى مائيات الكربون ، صناعة دهن اللبن ، إخراج الدهن
٢٥٤ من الجسم
- الباب الحادي والعشرون . التمثيل الغذائي للكوليسترول ، هضم
وامتصاص إسترات الكوليسترول ، وجود الكوليسترول
بالجسم ، وظائف الكوليسترول ، إخراج الكوليسترول
٢٧٨ من الجسم
- الباب الثاني والعشرون . التمثيل الغذائي الغير العضوي ، الصوديوم
والبوتاسيوم ، توزيع الصوديوم والبوتاسيوم في الجسم ، وظائف
الصوديوم والبوتاسيوم بالجسم ، الكالسيوم ، امتصاص الكالسيوم
التوازن الكالسيومي ، توزيع الكالسيوم بالجسم ، كالسيوم الدم ،
وظائف الكالسيوم في الجسم ، إخراج الكالسيوم من الجسم ،
الفوسفور ، امتصاص الفوسفور ، توزيع الفوسفور في الجسم ،
مركبات الفوسفور الغير العضوية بالجسم ووظائفها ، مركبات
الفوسفور العضوية بالجسم ووظائفها ، صناعة مركبات الفوسفور
بالجسم ، إخراج الفوسفور من الجسم ، المغنسيوم ، الحديد ،
امتصاص الحديد ، توزيع واستعمال الحديد بالجسم ، فوائد

صفحة

٢٨٢ . مركبات الحديد ، النحاس ، المنجنيز ، اليود ، الزنك ، الفلور .

الباب الثالث والعشرون . البول ، خواص البول الطبيعي ، خواص طبيعية ، خواص كيميائية ، المواد الغير العضوية في البول ، الأسس الحامضية ، الأسس القاعدية ، المواد العضوية في البول ، تأثير كمية البروتين في الطعام على المواد العضوية في البول ، أهم الخواص الطبيعية والكيميائية للمواد العضوية في البول ، المواد الغير الطبيعية في البول ٣٠٧

الباب الرابع والعشرون . الفيتامينات ، الفيتامينات الذائبة في الدهون ، الفيتامين ا ، الفيتامين د ، الفيتامين هـ ، الفيتامين ك ، الفيتامينات الذائبة في الماء ، الفيتامين ب_١ ، الفيتامين ب_٢ ، الفيتامين ضد البلاجرا ، الفيتامينات ب_٣ ، ب_٤ ، ب_٥ ، ب_٦ ، الفيتامين ج ،

٣٥٢ . الباب الخامس والعشرون . الغذاء الكامل

الباب السادس والعشرون . اللبن ، العوامل التي تؤثر في إفراز اللبن ، تأثير مدة الرضاعة بعد الولادة في كمية اللبن ، الفرق بين ألبان الفصائل المختلفة ٣٧٠

علم وظائف الأعضاء

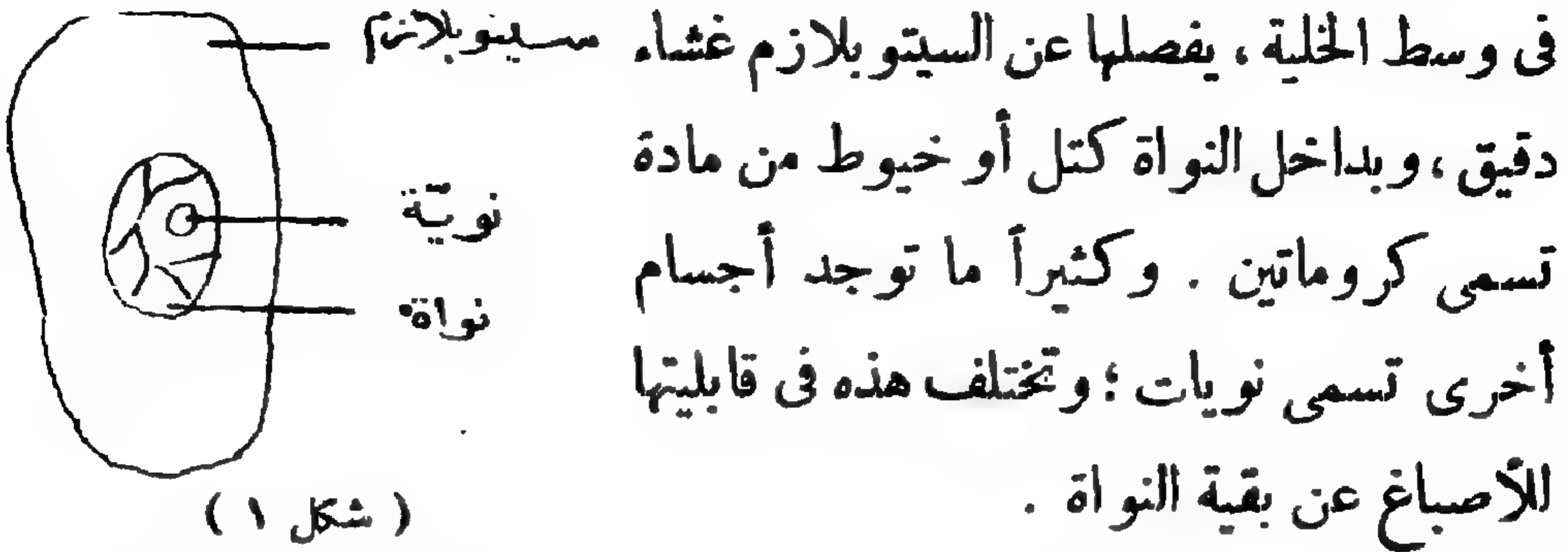
الباب الأول

مقدمة

علم وظائف الأعضاء هو العلم الذى يصف الظواهر الخلقية التى تبديها الكائنات الحية فيبحث هذا العلم فى عمل كل عضو من أعضاء الجسم ، وفى كيفية تأدية هذا العضو وظيفته ، وفى العوامل التى قد تؤثر فى هذه الوظيفة . ولذلك نرى أن هذا العلم يكون ركناً أساسياً للدراسات الطبية بأنواعها المختلفة . وينقسم علم وظائف الأعضاء قسمين : عام وبشرى . ويبحث القسم العام فى جميع الكائنات الحية من نبات أو حيوان ؛ ويبحث البشرى فى وظائف أعضاء الانسان . ولو أن هذا القسم الأخير هو الأهم من حيث فائدته للمجتمع الإنسانى إلا أننا سنرى أن كثيراً ما يتشابه عمل جميع المخلوقات الحية ، وأن كثيراً من وظائف أعضاء الانسان نفسه — بل كثيراً من طرق علاج الأمراض الجسمية — قد كان نتيجة منطقية لتجارب عملت فى حيوانات أخرى .

الحياة ومميزاتها — إن أردنا للحياة تعريفاً لوقفنا مكتوفى الأيدي . وكل ما يمكننا أن نقوله أنها من فعل المولى سبحانه وتعالى ، لم يتوصل البحث الطبى ولا المعرفة العلمية إلى حل كثير من أسرارها . إلا أن هناك خواص تميز الجسم الحى من الميت . وأهم هذه الخواص التغذية والتنفس والنمو والخراج والحركة والحس والتوالد — بل الموت نفسه . هذه خواص لكل كائن حى ، سواء كان مركباً من خلية واحدة أو من ملايين من الخلايا . فالخلية (شكل ١) هى وحدة الحياة . وتتكون — سواء كانت من حيوان أو نبات — من

جزئين : نواة وسيتوبلازم . فالنواة عبارة عن جسم بيضى أو كرى الشكل



وأما السيتوبلازم فمادة لزجة تختلف شكلا وحجما تحت الميكروسكوب من خلية لأخرى كما تختلف في الخلية نفسها من وقت إلى آخر . وقد يكون السيتوبلازم متجانساً شكلاً أو به عيون أو حبوب من مادة أكثر صلابة . ويوجد بالسيتوبلازم أعضاء أخرى كجهاز جولجى . وتحاط الخلية بغشاء يتكون في النبات من مادة صلبة تسمى خليوز (Cellulose) . ولكن في خلايا الحيوان يتكون هذا الغشاء من تركيز بعض المواد العضوية التي تكون الخلية . ولهذا الغشاء أهمية عظمى في حفظ كيان الخلية . فلولاها لذابت الحيوانات ذوات الخلية الواحدة في المياه المحيطة بها والمختلفة عنها كل الاختلاف . ولما بقى فرق بين خلايا أجسامنا وسوائلها المحيطة بها . ولكل عضو من أعضاء الخلية وظائف . ولكن يكفي هنا أن نقول أن النواة تقوم بتركيب المواد العضوية وحفظ النسل ، وأن السيتوبلازم يختص بالعمليات التي بها صرف للطاقة كأكسدة المواد الغذائية .

ولو أنه لا يوجد فرق أساسى بين سميات الحياة في الحيوان عامة إلا أن هناك اختلافات تفصيلية . فمثلاً في الأميبا تقوم خلية واحدة بكل وظائف الجسم فتنتشر المواد الغذائية والأكسجين من الماء المحيط بالغشاء السطحى للخلية إلى داخلها حيث تجرى عملية هضم الأغذية في البروتوبلازم ؛ وتفرز الفضلات من خلال الغشاء السطحى أيضاً وتتحرك الخلية بوساطة أقدام كاذبة ، هي عبارة عن نتوءات وقتية من البروتوبلازم . فإذا كانت الأحوال المحيطة

بالخلية ملائمة من حيث وفرة الغذاء والأكسجين، ومن حيث درجة الحرارة، نمت الأميبا وبنموها تقل نسبة السطح الخارجى إلى حجم الخلية . ولما كان للسطح أهمية عظمى فى حياة الأميبا — إذ بواسطته تتغذى وتنفس وتفرز وتحفظ كوحدة مستقلة عن المياه المحيطة بها — رأينا أن نمو الأميبا لا يمكن إطراده إلى درجة غير محدودة ، إذ كلما نمت بعدت أجزاء البروتوبلازم الداخلية عن السطح ، أى عن الغذاء والأكسجين الضرورين للحياة . وتستعوض الأميبا عن ذلك حينما تنمو إلى حجم معين بانقسامها إلى جزئين ، فينفصل كل منهما عن الآخر انفصالا تاماً ويعيش مستقلاً عن أخيه . وبذلك تتوالد الأميبا ويكثر عددها ، فإذا ساءت الأحوال المحيطة بها — بأن جف الماء أو شح الغذاء أو تغيرت درجة الحرارة كثيراً — قاومت الأميبا ذلك ، فتستدير وتحيط نفسها بغشاء سميك من الكيتين ؛ فان اشتد الجو سوءاً كان مصيرها الموت كمصير كل كائن حى .

هكذا تحيا الأميبا المكونة من خلية واحدة كما يحيا الانسان : فتتغذى وتنفس وتحرك وتتوالد وتموت . ولكن هناك فوارق تفصيلية بيننا وبين الحيوانات الدنيئة ؛ وهذه الفوارق تجعل لأجسامنا مقدرة على احتمال التغيرات الطبيعية والكيميائية فى الوسط المحيط بنا فلا يصيبنا الموت عندما يحدث تغير بسيط فى درجة الحرارة مثلاً . وأهم العوامل التى جعلت لأجسامنا هذه الميزة هو اختصاص الخلايا . فملايين الخلايا التى تكون أجسام الحيوانات الراقية تختلف فى تركيبها كما تختلف فى الوظيفة . وكل من هذه الخلايا مع دقتها وحدة حية تقوم بعملها باستقلال ، ولو أنها — كالفرد فى المجتمع — متأثرة دائماً بما يحدث لبقية الأفراد . بل يذهب هذا التشبيه إلى أبعد من ذلك ، فكما تتوقف حالة المجتمع ورخاؤه على عمل أفراده المختلفة فإن حياة الجسم ما هى إلا مجموعة عمل خلاياه . وكما يشترك بعض الأفراد فى عمل واحد حتى يتمكنوا من سد حاجة المجتمع من ناحية وظيفتهم ، فكذلك

تشارك الخلايا المتشابهة في الوظيفة والتركيب ؛ وفي اشتراكها هذا تكون أنسجة الجسم المختلفة كالنسيج العضلي أو نسيج الغدد أو الجلد مثلاً . وكما أن النظم الاجتماعية قد أثبتت ضرورة وجود هيئة رئيسية لتوحيد الأعمال المختلفة وتنظيمها وتسييرها في طريق معين عند الحاجة فقد انتخبت خلايا الجسم من بينها المنع والنخاع الشوكي ليقوما بهذه الوظيفة الرئيسية . ولو تمعنا قليلاً لوجدنا أن حكومة الجسم تفوق في دقة عملها ونظامه كل حكومات هذا العالم . فهي تتصل بوساطة الأعصاب بكل أنسجة الجسم اللهم إلا الخلايا الميتة كطبقة الجلد السطحية والخلايا التي في حركة دائمة ككرات الدم — ولو أن للجهاز العصبي كل السيطرة على الكرات الدموية من حيث سرعة حركتها أو توزيعها على أعضاء الجسم . والحقيقة أن الدم بخلاياه يربط أجزاء الجسم بعضها ببعض ويساعد الجهاز العصبي في أداء وظيفته لتكوين وحدة حية متحدة من تآلف تلك الوحدات الدقيقة التي لا عدد لها .

الطرق المتبعة في بحث وظائف الأعضاء

لقد نما علم وظائف الأعضاء نمواً عظيماً باستعمال قوانين الطبيعة والكيمياء في دراسته . فقد أصبح ذلك جائزاً بعد أن ثبتت نهائياً صحة قانون الطبيعة والكيمياء الأساسي عند تطبيقه لما يحدث داخل الجسم . فنطق هذا القانون هو أن المادة والقوة لا تولدان ولا تفنيان . ولقد بدأت معرفتنا بصحة هذا القانون في أجسامنا بتجارب سانكتورياس (Sanctorius) في أوائل القرن السابع عشر فقد كان يجلس معظم وقته في كفة ميزان وبذا أثبت أن وزن جسمه بعد الأكل يساوي وزنه قبل الأكل زائداً وزن الطعام . ووجد أيضاً أن وزن جسمه ينقص تدريجياً بين الوجبة والأخرى وسبب ذلك النقص هو ما يفقده الجسم من بخار الماء من الجلد والرئتين . ومع أن تجارب سانكتورياس أولية إلا أنها كانت بداية تجارب كثيرة

تدرجت حتى أثبت روبنر (Rubner) في أواخر القرن التاسع عشر أن المواد الغذائية التي نستعملها تولد طاقة في داخل أجسامنا تساوى تماماً تلك الطاقة التي تولدها إذا أكسدت خارج الجسم . فمن هذه الناحية يمكننا اعتبار أجسامنا آلات تحول الوقود باستمرار إلى طاقات مختلفة ، وتكون هذه الطاقات — في مجموعها — الحياة .

وكما تطبق قوانين الطبيعة والكيمياء على جسم الإنسان تطبق أيضاً على حيوانات أخرى ، فتعمل التجارب عليها في اليقظة أو تحت تأثير المخدرات أو على أعضاء تفصل من الحيوان ويمكن حفظها حية ، وتؤدي وظيفتها مدداً مختلفة بعد فصلها من الجسم . كما أنه لدراسة التشريح الميكروسكوبي لكل عضو من أعضاء الجسم ومعرفة تركيبه وتكوين خلاياه فائدة عظيمة في تفسير وظائفه . هذا وللملاحظة الأعراض المرضية ومقارنتها بالخلل الموجود في أعضاء الجسم عند التشريح بعد الوفاة أثر كبير في كشف القناع عن وظائف هذه الأعضاء .

وبهذه الطرق وغيرها أمكن دراسة وظائف أعضاء الجسم ، والعوامل التي تؤثر في هذه الوظائف ، وعلاقة الأعضاء بعضها ببعض ، وكيفية عملها كلها معاً لتكوين الحياة وللتغلب على التغيرات الطبيعية والكيميائية التي تحدث في الوسط المحيط بالحيوان .

الباب الثاني

التركيب الميكروسكوبي للجسم (Microscopic Structure)

تنقسم أنسجة الجسم إلى أربعة أنواع : —

- ١ — النسيج الطلائي (Epithelial tissue) .
- ٢ — النسيج الضام (Connective tissue) .
- ٣ — النسيج العضلي (Muscular tissue) .
- ٤ — النسيج العصبي (Nervous tissue) .

النسيج الطلائي

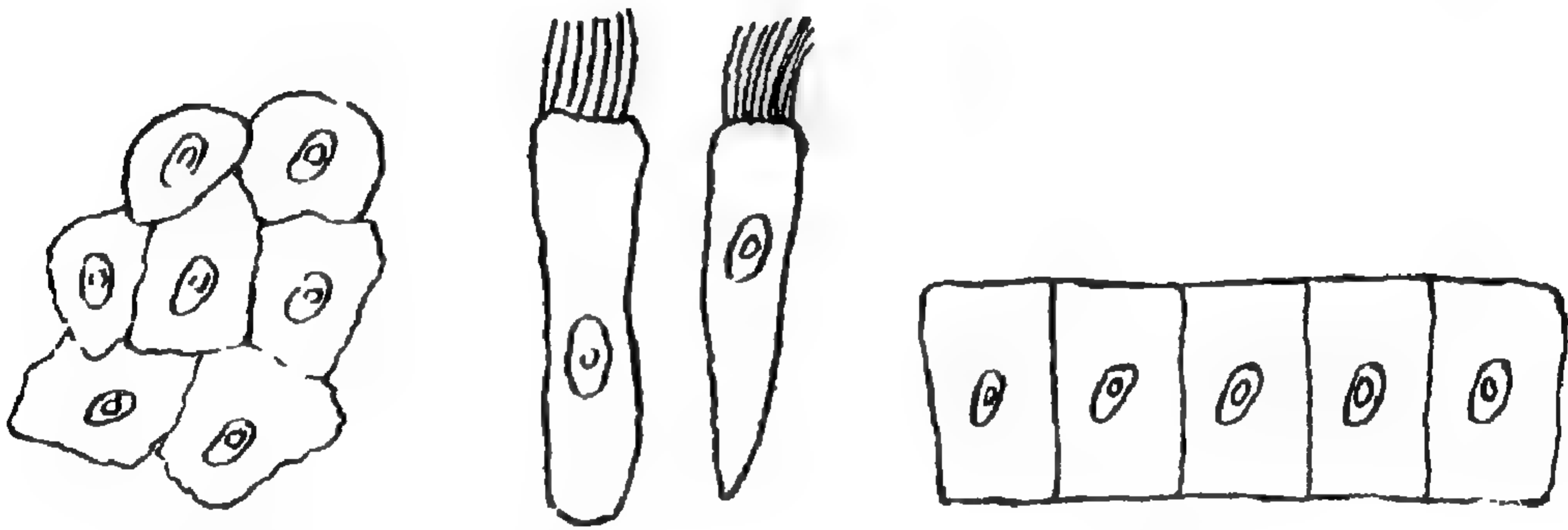
يغطي هذا النسيج سطح الجسم والأغشية المخاطية ويطن الأعضاء المجوفة . وينقسم إلى فصيلتين عظيمتين يمكن تقسيم كل منهما بحسب شكل الخلايا وترتيبها .

الفصيلة الأولى : النسيج الطلائي البسيط (Simple Epithelium) —
ويتركب من طبقة واحدة من الخلايا ، ويوجد منه الأنواع الآتية :

(١) النسيج الطلائي المكعب والعمودي (Cubical and Columnar Epithelium) (شكل ٢) ويوجد النسيج الطلائي المكعب في فجوات الغدة الدرقية وفي الأنايب الكلوية (uriniferous tubules) . أما العمودي فيطن القناة الهضمية من المعدة إلى آخر المستقيم ؛ وتكون الخلايا سميكة ومكعبة أو عمودية الشكل كما يبدو من الاسم .

(ب) النسيج الطلائي الهدبي (Ciliated Epithelium) (شكل ٣) :
وخللاياه غالباً عمودية الشكل ؛ ويبرز من سطحها خيوط دقيقة من البروتوبلازم دائمة الحركة ويتسبب عن حركتها تيارات في السائل الملاصق لها ، ويطن

هذا النسيج الممرات الهوائية ولكنه لا يوجد في الحويصلات الهوائية ،
ويوجد أيضاً في قنوات فالوب (Fallopian tubes) والجزء العلوى من الرحم ،
وفي القناة المنوية والبرنج ، وفي بطينات المنخ والقناة المركزية للنخاع
الشوكى . وفي بعض الحيوانات — كالضفدعة — تبطن الخلايا الهدبية الفم
والمرى . وأما كن أخرى . وفائدة حركة الأهداب والتيارات التى تنشأ عنها
عظيمة . فمثلا فى القصبات الهوائية تطرد التيارات الإفرازات المخاطية أو
البلغم وتمنع تراكمها فى المجارى الهوائية ؛ وفى قناة فالوب تحرك التيارات
البويضة إلى الرحم .



(شكل ٤)

(شكل ٣)

(شكل ٢)

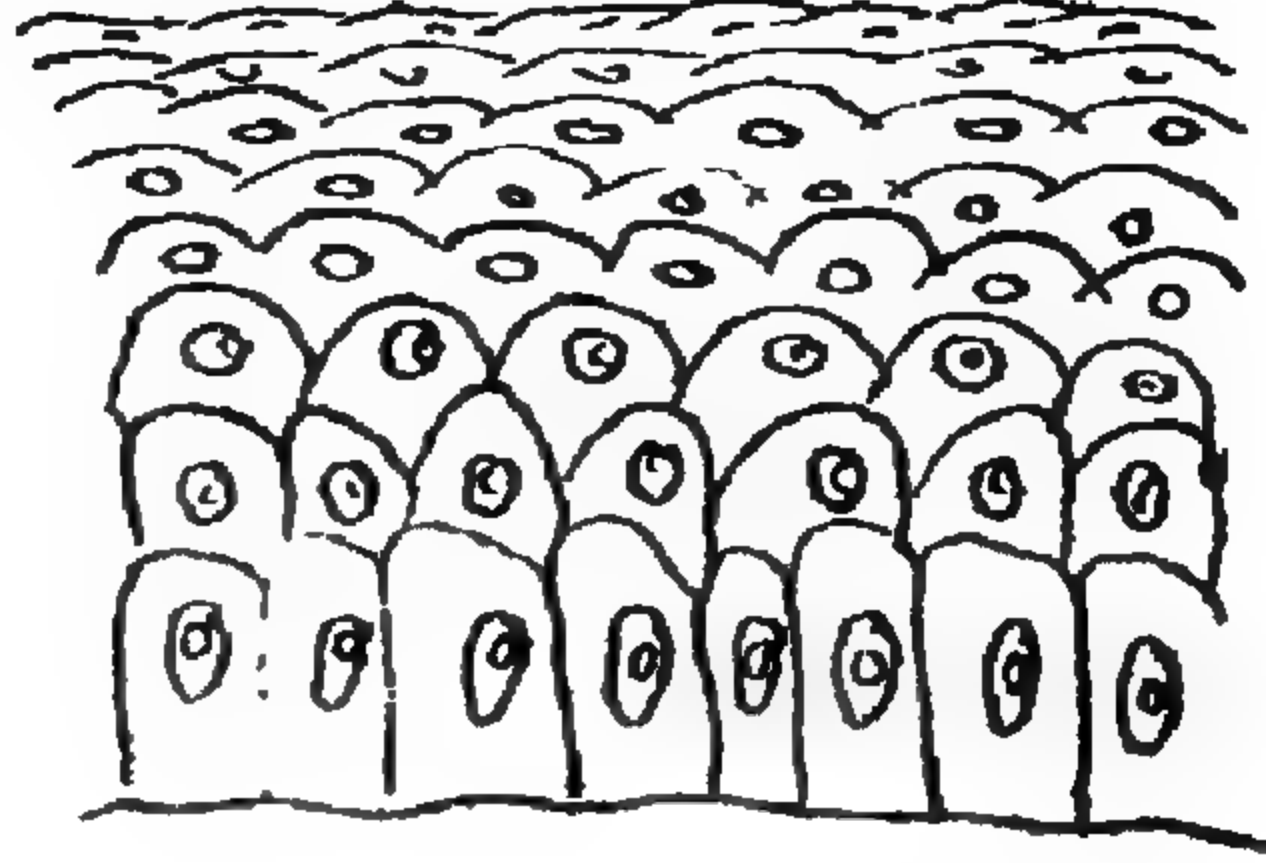
(ح) النسيج الطلائي البلاطى (Pavement Epithelium) (شكل ٤) :
ويتركب هذا النسيج من طبقة رقيقة من الخلايا مرتبة على شكل فسيفسائى
محكم . ويمكن مشاهدة هذا النوع فى النسيج الطلائي المبطن للحويصلات
الهوائية للرئتين .

الفصل الثانية : النسيج الطلائي المركب (Compound Epithelium) —
ويتركب هذا النسيج من أكثر من طبقة واحدة من الخلايا وينقسم إلى :
(١) النسيج الطلائي الانتقالي (transitional Epithelium) (شكل ٥) :
ويتركب من ثلاث أو أربع طبقات من خلايا كبيرة كثيراً ما تكون كمثرية
الشكل . ويبطن هذا النسيج المثانة والحالب .

(ب) النسيج الطلائي الطباقى (Stratified Epithelium) (شكل ٦) :



(شكل ٦)



(شكل ٥)

ويتركب من عدد كبير من طبقات الخلايا ؛ ويكون البشرة والجزء العلوى من القناة الهضمية من الفم حتى مدخل المرئ من المعدة . وتكون الخلايا فى الطبقات العميقة عمودية أو مكعبة الشكل ؛ أما الخلايا فى الطبقات السطحية فمسطحة ، وتحول البروتوبلازم بها إلى مادة قرنية (Keratin) .

النسيج الضام

يمتاز هذا النسيج عن غيره بكثرة المادة التى بين الخلايا ، وقد تكون هذه المادة سائلة كما فى حالة الدم واللف . وقد تكون صلبة جداً كما فى حالة العظم حيث تترسب بها أملاح الكالسيوم وقد تكون وسطاً بين هذا وذاك كما فى الأنواع الأخرى . ويكون هذا النسيج هيكل الجسم ، ويؤدى وظيفة ربط الأنسجة وتدعيمها وضمها لبعضها . وتوجد أنواع كثيرة من هذا النسيج وهى :

١ — النسيج الضام الخلالى (Areolar tissue).

٢ — اللينى (Fibrous tissue).

٣ — المطاط (Elastic tissue).

٤ — الدهنى (Adipose tissue).

٥ — الشبكي والليمفاوى

(Reticular and Lymphoid tissue)

٦ — النسيج الشبيه بالجيلاتين (Jelly like tissue).

٧ — الغضروف (Cartilage).

٨ — العظم والأسنان (Bone and teeth).

٩ — الدم (Blood). واللف (Lymph).

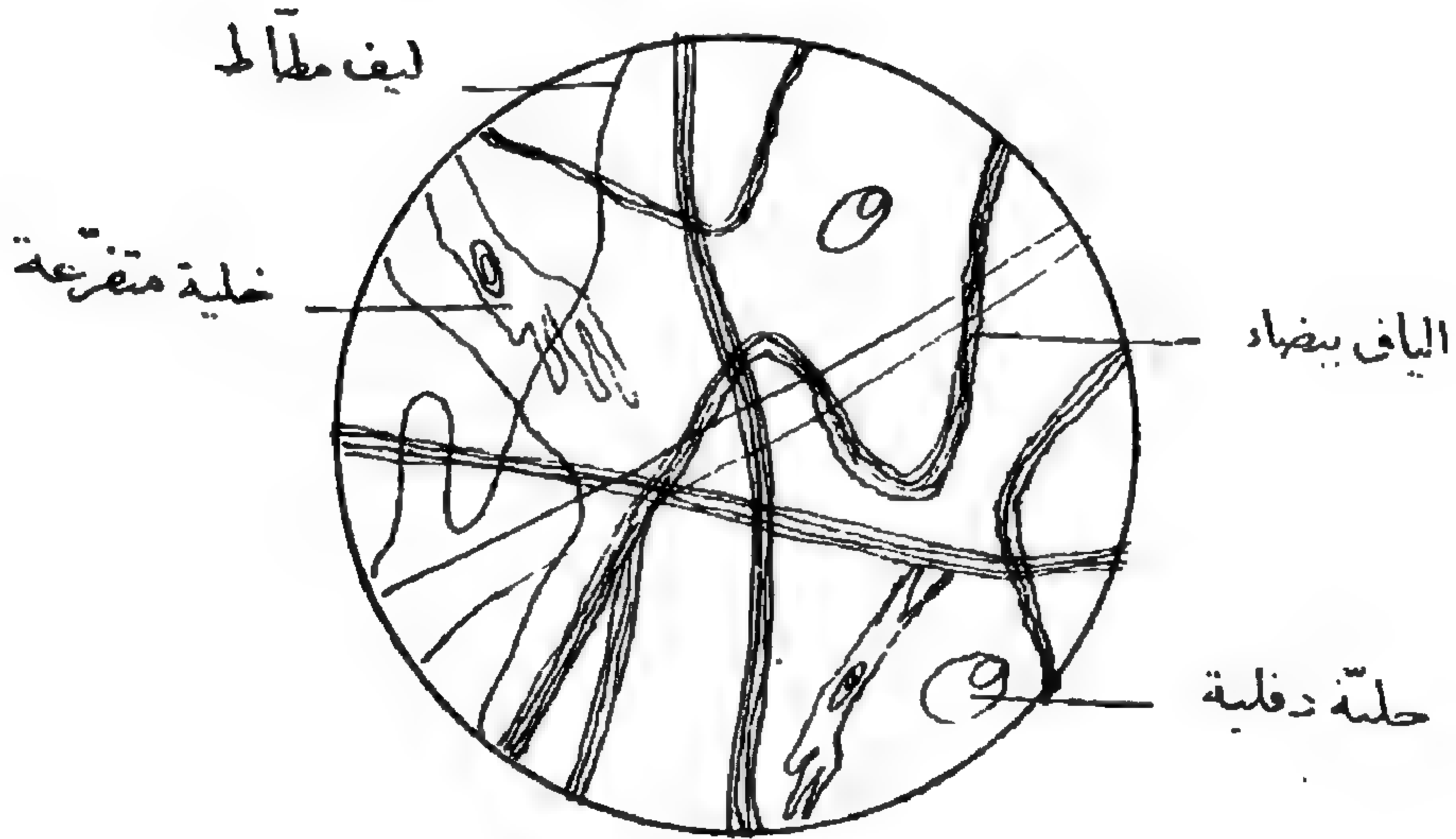
١ — النسيج الضام الخلوي: هو أكثر الأنواع شيوعاً بالجسم . وهو نسيج ضام نموذجي . ويتركب كما في (شكل ٧) من العناصر الآتية :

١ — ألياف بيضاء (White fibres).

٢ — ألياف صفراء أو مطاطة (Yellow or elastic fibre).

٣ — خلايا النسيج (Connective tissue cells).

٤ — مادة ما بين الخلايا (Interstitial substance).



(شكل ٧)

والألياف البيضاء عبارة عن خيوط رفيعة متموجة تجرى في حزم في اتجاهات مختلفة وتتقاطع مع بعضها البعض مكونة شبكة غير منتظمة وتاركة فجوات (Alveoli) فيما بينها . وقد تتفرع الحزم وتشبك فروع كل منها مع الأخرى ؛ ولكن الليفة الواحدة لا تتفرع مطلقاً .

وأما الألياف الصفراء فتجرى عادة منفردة وتتفرع وتتصل فروع الألياف ببعضها . وتتركب الألياف البيضاء من كولاجن (Collagen) يذوب في الماء المغلي ويتحول إلى جيلاتين (gelatin) . وأما الألياف الصفراء فتكون من مادة بروتينية أخرى تسمى الإيستين (Elastin) . وبإضافة حامض الخليك إلى النسيج تنتفخ الألياف البيضاء وتصبح غير واضحة ، في حين لا تتأثر الألياف الصفراء .

ويوجد المخاطين (Mucin) بالماء المتجانسة بين الألياف . والتي يوجد بها الخلايا . ولا يمكن رؤية هذه المادة المتجانسة بوضوح نظراً لأنها شفافة جداً ، ولكنها تصبغ بمحلول نترات الفضة وتصبح صفراء قائمة فيما عدا المسافات التي يوجد بها الخلايا .

وتوجد عدة أنواع من الخلايا أكثرها شيوعاً ما يأتي :

١ — الخلايا الليفية (fibroblasts) : وهي خلايا متفرعة تتصل فروع كل خلية منها بفروع الخلية المجاورة لها . مثال ذلك الخلايا الموجودة في القرنية (Cornea) .

٢ — الخلايا الدقيلة (Mast cells) : وهي خلايا غير متفرعة يزدحم البروتوبلازم بها بحبوب بروتينية تصبغ بالأصباغ القاعدية ، مثل جينتيان بنفسجي (Gentian violet) ، وتوجد بكثرة بجوار الأوعية الدموية .

٣ — الخلايا المتجولة (wander cells) : وهي خلايا تتحرك حركة أميبية ، ككرات الدم البيضاء التي تنفذ من جدران الشعريات الدموية .

٤ — الخلايا الملونة (Pigment Cells) : وهي خلايا تشبه الأولى ولكنها محملة بمادة سوداء أو بنية توجد في مواضع كثيرة تحت الجلد ، وفي الطبقة المتوسطة لجدار العين تحت الجلد في بعض الحيوانات كالضفدعة والأسماك .

ويوجد النسيج الضام الخلالى في مواضع كثيرة بالجسم فهو موجود مثلاً تحت الجلد (Subcutaneous) ، وتحت الغشاء المخاطي (Submucous) ، وتحت

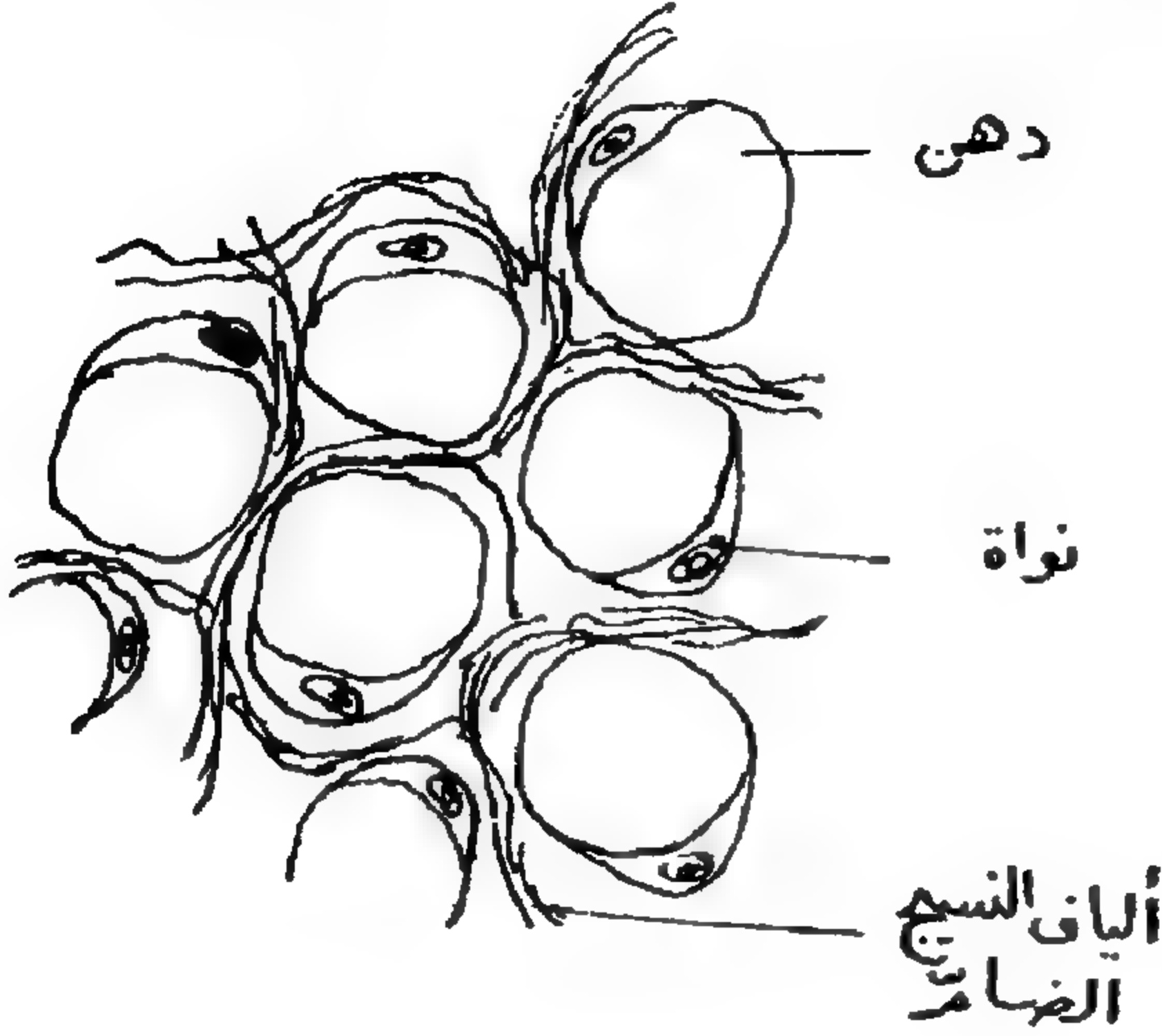
الغشاء المصلي (Subserous) ؛ ويكون أغلفة العضلات والأعصاب والأوعية الدموية والغدد ؛ ويثبت الأعضاء الداخلية في مراكزها وينفذ بداخلها مدعماً وضاماً أجزائها .

(٢) **النسيج الضام الليفي** : تربو في هذا النسيج الألياف البيضاء على غيرها . والألياف مرتبة أحياناً في حزم متوازية مع بعضها مما يجعل هذا النسيج متيناً جداً . والخلايا كبيرة الحجم ولها نواة كبيرة مستديرة . وقد ترتب الخلايا في سلاسل طويلة بين الألياف كما في حالة أوتار العضلات . ويوجد هذا النسيج فيما عدا أوتار العضلات في أربطة المفاصل وفي الجلد وأما كن أخرى .

(٣) **النسيج الضام المطاط** : تربو في النسيج المطاط الألياف الصفراء أو المطاطة على غيرها . ويوجد في جدران الشرايين والأوردة وفي القصبة الهوائية والرباط القفوي (Ligamentum nuchea) للثور والحصان وحيوانات أخرى كثيرة ويساعد النسيج المطاط النسيج العضلي إذ يمنع تمزقه أو تمدده نظراً لمرونة الألياف الصفراء . فمثلاً يساعد الرباط الأصفر (Ligamentum flava) العمود الفقري للإنسان على حفظ الجسم معتدلاً ، والرباط القفائي على رفع الرأس ضد جاذبية الأرض . وفي جدران الأوعية الدموية يمنع النسيج المطاط تمدد الجدران الذي قد ينشأ من ضغط الدم . وفي القصبة الهوائية يقوم النسيج المطاط بوظائف مماثلة .

(٤) **النسيج الدهني** : يوجد النسيج الدهني بكل مواضع الجسم ولا يختفي إلا في أماكن قليلة كتحت جلد جفون العين والقضيب (Penis) والصفن (Scrotum) والشفرين الصغيرين (Labia minora) وفراغ الجمجمة . ويتكون النسيج الدهني من خلايا صغيرة ملأى (شكل ٨) بالدهن الذي يحل محل معظم بروتوبلازم الخلية . ويحاط الدهن بغشاء رقيق من

البروتوبلازم ينتفخ حيث توجد نواة الخلية . وتوجد الخلايا الدهنية على أشكال كثيرة : فقد تكون كتلا صغيرة منتظمة الشكل يفصلها عن بعضها



(شكل ٨)

خيوط من نسيج خلالي أو شبكة من الشعريات الدموية . وتوجد الخلايا الدهنية بكثرة في طريق الأوعية الدموية . وتنشأ الخلايا الدهنية من خلايا النسيج الضام العادية . فيظهر أولا في البروتوبلازم نقط صغيرة

من الدهن تتحد مع بعضها وتكون نقطاً أكبر منها . وهكذا تمتلئ الخلية بالدهن على حساب البروتوبلازم الأصلي الذي يصبح ، في الخلية التامة التكوين ، عبارة عن غشاء رقيق يحتوى على النواه ويصبغ الدهن بحامض أوزميك (Osmic acid) باللون الأسود ، وذلك لأن حامض أوليك الذي يوجد بالدهن يختزل حامض الأوزميك وينتج عن هذا الاختزال مركب أسود اللون ، وللنسيج الدهني فوائد هامة ، فهو عبارة عن مخزن للوقود الذي يستعمل في حالات الصيام أو قلة الغذاء . ويمنع الدهن الموجود تحت الجلد فقد كميات كبيرة من حرارة الجسم كما يملأ الفراغات الموجودة بين أعضاء الجسم فيكون مادة مرية ناعمة ، وبذا تحفظ الأعضاء في مواضعها ولا تتأثر بالضغط .

(٥) النسيج الشبكي والليمفاوى : يكون النسيج الشبكي الهيكل لكثير

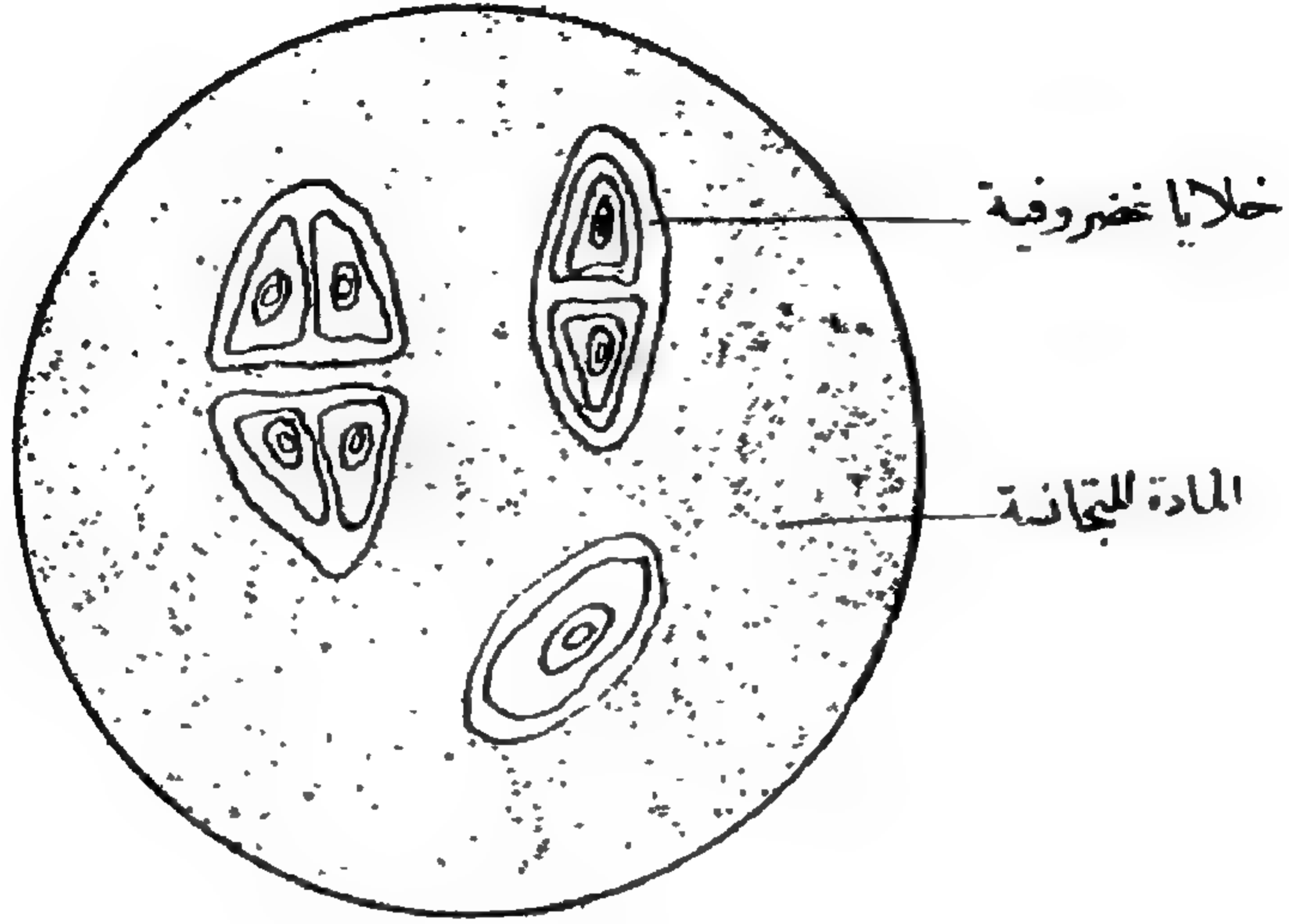
من الأعضاء كالغدد الليمفاوية والطحال والكبد ونخاع العظام والأغشية المخاطية . وهو يدعم خلايا الأعضاء التي توجد به ، وتكون المادة المتجانسة التي بين الخلايا أكثر سيولة في هذا النسيج من أى نوع آخر . وتقل —

أو تنعدم — فيه الألياف المطاطة . وتكوّن الألياف التي به شبكة ضيقة يتخللها شبكة أخرى من الخلايا وهناك بعض الأدلة على أن الألياف في النسيج الشبكي تختلف عن الألياف الأخرى وتكون نوعاً خاصاً بها . والنسيج الليمفاوى عبارة عن نسيج شبكي تحتوى عيونه على عدد كبير من الخلايا الليمفاوية . ومن أمثلة هذا النسيج الغدد الليمفاوية واللوز الحلقية وكرات مليجي (Malpighian corpuscles) فى الطحال .

(٦) **النسيج الضام المشابه للجيلاتين** : ويوجد هذا النسيج فى الجنين حول الأوعية الدموية والحبل السرى (Umbilical cord) . ويوجد بعد الولادة فى الجسم الزجاجى للعين (Vitrious humour) . وتوجد الخلايا والألياف فى هذا النسيج مبعثرة ومتباعدة وقليلة وبذا تظهر المادة المتجانسة التى بين الخلايا فى هذا النسيج على العناصر الأخرى ، وهذا ما يميزه عن غيره وتتركب هذه المادة من الماء والمخاطين وأملاح غير عضوية خصوصاً كلورور الصوديوم .

(٧) **الغضروف** : ينقسم الغضروف قسمين : الغضروف الهلامى (Hyaline Cartilage) وهو على ما يظهر ، خال من الألياف ، والغضروف الليفى (Fibrous Cartilage) الذى يحتوى على الألياف . وقد تكون الألياف بيضاء ويسمى النسيج حينئذ بالغضروف الليفى الأبيض ، وقد تكون مطاطة ويسمى بالغضروف الليفى المطاط . وترى الخلايا الغضروفية (شكل ٩) إما مفردة وإما فى مجاميع تحتوى على خليتين أو أربع أو ثمان ، مما يدل على تكوين المجاميع من خلية واحدة تنقسم إلى اثنتين ينقسم كل منهما مرة أخرى وهكذا . ويحيط بالخلايا عادة غلاف أو أكثر من المادة المتجانسة يتميز عن باقى هذه المادة فى أنه يصبغ بالهيماتوكساين (Haematoxilin) بدرجة أشد عن الباقي وللخلايا شكل ذى زوايا ولكن جانب الخلية الذى يواجه خلية

أخرى في المجموعة يكون مسطحاً . وقد يوجد في پروتوبلازم الخلايا الراققة
نقط دهنية ، وفي العادة نشاء حيواني (Glycogen) . ويوجد الغضروف

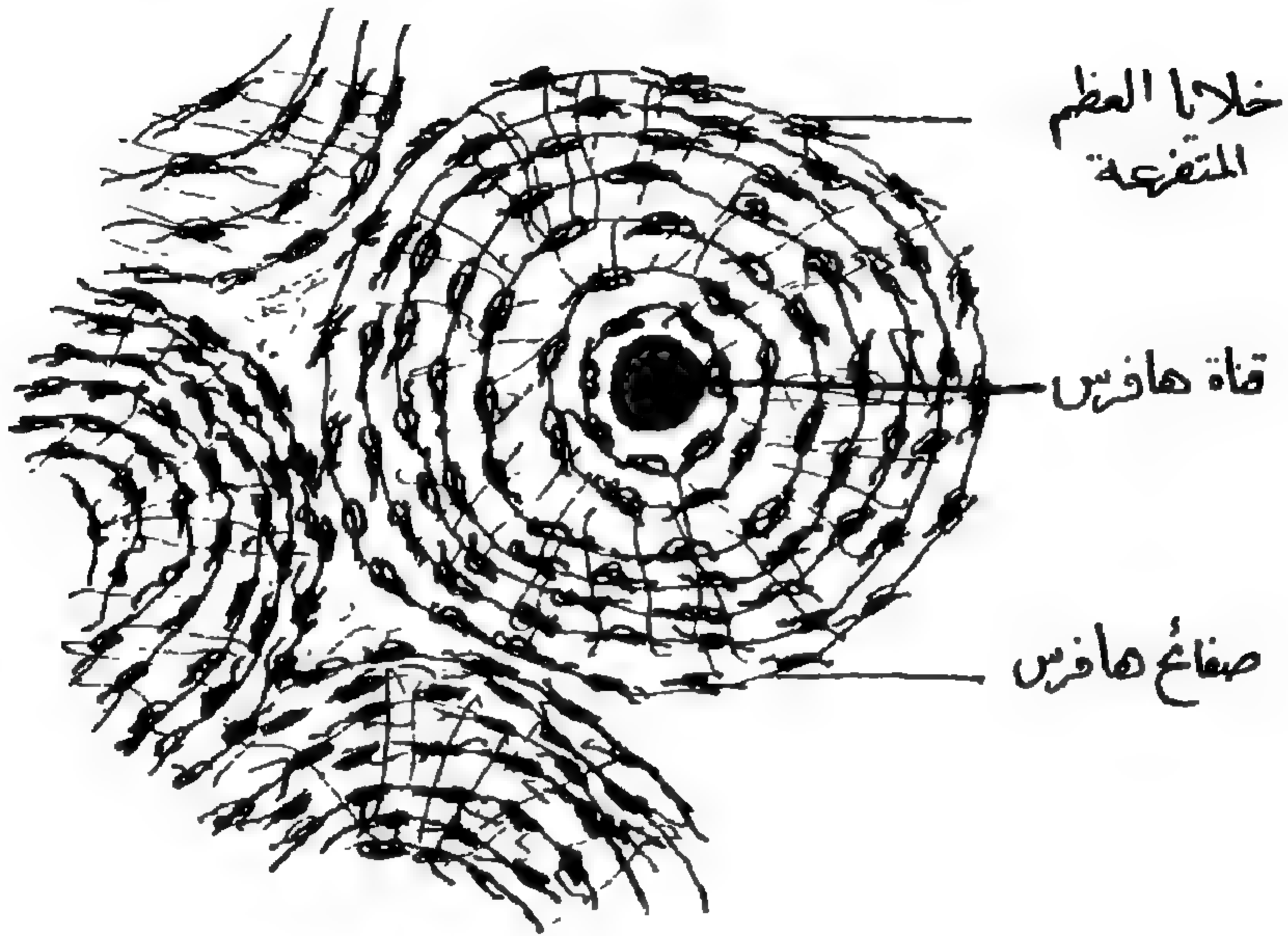


(شكل ٩)

الهلامي في غضاريف الأضلاع والأنف والقصبه الهوائية وفي الصباخ
الأذني الخارجي (External auditory meatus) وفي معظم الغضاريف
الحنجرية . وتغطي النهايات المفصليّة للعظام بالغضروف الهلامي ؛ وفي هذه
الحالة يسمى بالغضروف المفصلي . ويكون الغضروف الهلامي معظم العظام
قبل تكلسها . وبإغلاء المادة المتجانسة للغضروف الهلامي نحصل على المركب
الكيميائي كوندرين (Chondrin) ؛ وهو مخلوط من الجيلاتين ومواد مخاطية .
ويكون الغضروف الليفي الأبيض الأقراص التي بين الفقرات ، وكذا
يكسو السطوح المفصليّة المقعرة كحق الفخذ (Acetabulum) وحق الكتف
(Glenoid cavity) . وهو نسيج قوى جداً ويوجد الغضروف الليفي المطاط
في صيوان الأذن الخارجية (Pinna) وفي لسان المزمار (Epiglottis) وفي
أنبوبة استاكيوس (Eustachian tube) . والخلايا في هذا النوع مستديرة
أو بيضية ويوجد في المادة بين الخلايا كثير من الألياف المطاطة الدقيقة

مكونة من شبكة حول الخلايا . والمساحات التي تحيط بالخلايا مباشرة خالية من الألياف .

(٨) العظم : العظم عبارة عن نسيج ضام ترسبت فيه أملاح الكالسيوم في المادة المتجانسة التي بين الخلايا . وإذا امتحن قطاع مستعرض (شكل ١٠)



(شكل ١٠)

من عظمة طويلة — كعظمة العضد أو غيرها تحت الميكروسكوب وجدت ألياف النسيج الضام مرتبة على شكل طبقات مستديرة بعضها مركب تحت السمحاق (Periosteum) مباشرة ، ومركز الدوائر في هذه الحالة هو الفراغ النخاعي ، وتسمى هذه بالطبقات المحيطة (Circumferential Lamellae) ؛ وبعضها أصغر قطراً ومركب حول قنوات يوجد بها الأوعية الدموية تسمى قنوات هافرس (Haversian Canals) . ويوجد عدة من هذه الطبقات مركبة داخل بعضها على شكل البصلة حول كل قناة . وتسمى هذه الطبقات بطبقات هافرس (Haversian Lamellae) . هذا وهناك طبقات أخرى تملأ المساحات الموجودة بين طبقات هافرس وتسمى طبقات خلالية (Interstitial Lamellae)

وتوجد فراغات (Lacunae) بين طبقات هافرس . وهذه الفراغات متفرعة وغير منتظمة الشكل ، وتتصل فروع كل منها بفروع الفراغات المجاورة . وتحتوى هذه الفراغات على خلايا العظم .

ويمكن تمييز نوعين مختلفين من العظام عند مشاهدتها بالعين المجردة ، وذلك من حيث التركيب : أولها يسمى بالعظم المحكم (Compact bone) ؛ وثانيهما بالعظم الاسفنجى (Cancellous bone) . والأطراف المفصلية للعظام الطويلة مغلفة بطبقة من العظم المحكم ، فى حين يتكون الجزء الداخلى منها من العظم الاسفنجى . أما القصبة فتكون من طبقة سميكة من العظم المحكم تحيط بقناة متوسطة تحتوى على نخاع العظم (Marrow) .

والنخاع نوعان : نخاع أحمر وآخر أصفر . ويملأ الأول فراغات النسيج الاسفنجى وبه كثير من الأوعية الدموية وخلايا خاصة تسمى خلايا النخاع ؛ ومنها تكون كرات الدم البيضاء . وهناك خلايا أصغر حجماً لها نواة ولها لون كرات الدم الحمراء ، ومنها تنشا كرات الدم الحمراء وتسمى "Erythroblast" . ويوجد عدا ذلك خلايا دهنية وعدد قليل من خلايا كبيرة متعددة النواة تسمى الخلايا العونية (Giant cells) .

أما النخاع الأصفر فيملأ فراغ العظام الطويلة ويحتوى على خلايا دهنية كثيرة وقليل من الأوعية الدموية .

ويتركب العظم كيميائياً من ٢٥ ٪ ماء ؛ ومعظم الباقي فوسفات الكالسيوم ؛ وبه قليل من كربونات الكالسيوم وفوسفات المغنسيوم والكولاچين الذى يتحول بالغليان إلى جيلاتين .

النسيج العضلي

يعرف هذا النسيج عادة باللحم والعضلات هي أعضاء الحركة. وتنقسم العضلات ثلاثة أقسام:

١ — عضلات إرادية أو هيكلية (Voluntary or Skeletal muscles) وهي الخاضعة للإرادة.

٢ — عضلات غير إرادية أو حشوية (Involuntary or Visceral)

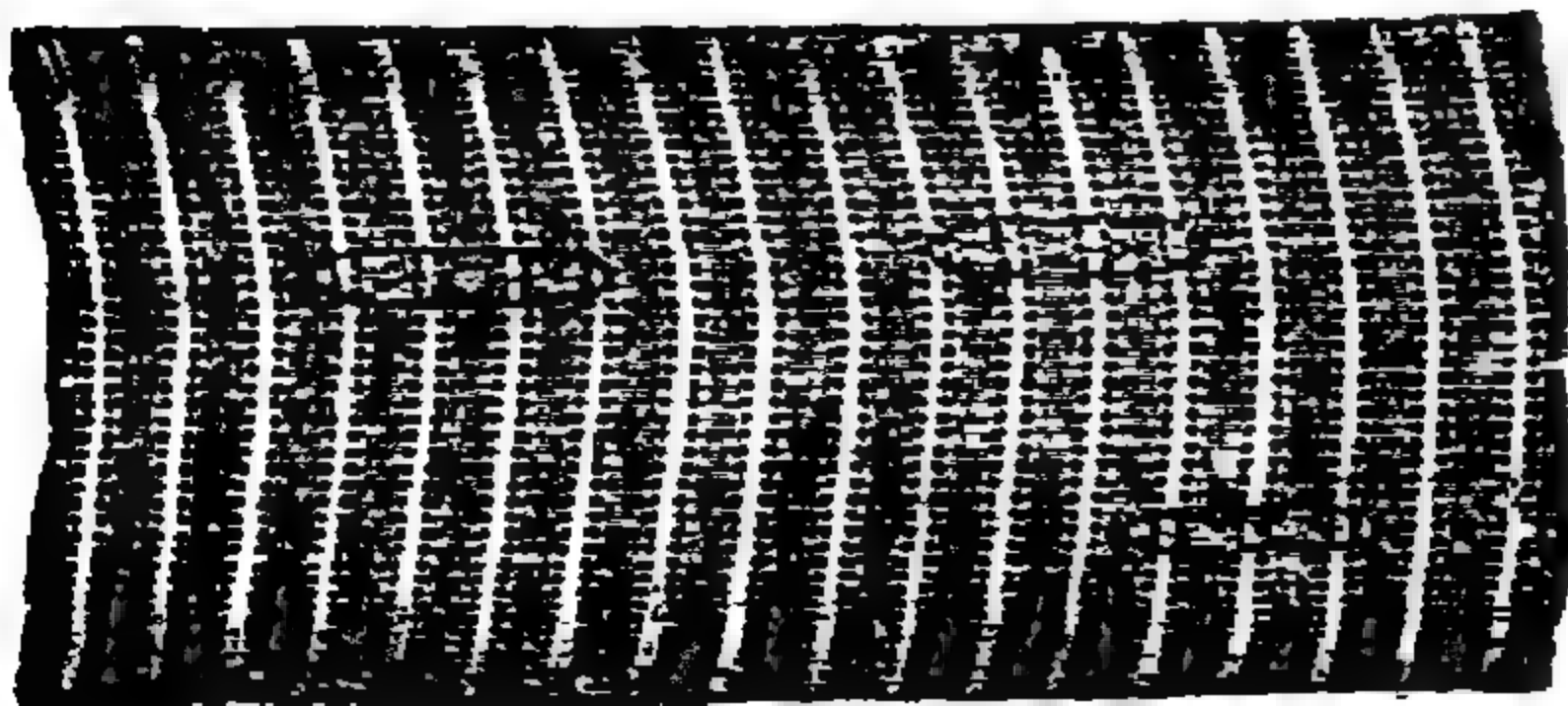
٣ — عضلة القلب (Cardiac muscle).

ولو أن عضلة القلب غير إرادية إلا أنها تختلف في تركيبها الميكروسكوبي عن العضلات الغير الإرادية الأخرى؛ ولذلك كونت نوعاً بمفردها.

ويتتركب النسيج العضلي من خيوط صغيرة تسمى بالألياف العضلية ويحيط بها نسيج ضام. وتختلف الألياف العضلية عن ألياف النسيج الضام في أن الأولى تنشأ من الخلايا نفسها، وذلك باستطالة الخلية لتكوين الألياف، أما ألياف النسيج الضام فتنشأ في المادة التي بين الخلايا.

العضلات الإرادية أو الهيكلية

مع أن الألياف التي تتركب منها هذه العضلات تختلف كثيراً عن بعضها من حيث السمك والطول إلا أن شكلها غالباً أسطوانى ونهاياتها مستديرة ومعظمها يتصل بالعظم بوساطة



وتر. ومتوسط قطر الألياف $\frac{1}{4}$ من المليمتر. ومتوسط الطول نحو ثلاثة سنتيمترات ونصف. ولا تفرع هذه

العضلات إلا في حالة عضلات الوجه واللسان، والألياف في هذه الحالة أدق من ألياف معظم العضلات الإرادية.

وتركب كل ليفة عضلية (شكل ١١) من غلاف متجانس ومطاط يسمى ساركولما (Sarcolemma) بداخله المادة القابلة للانقباض.



(شكل ١٢)

- ١ — خط هنسن
- ٢ — غشاء كراوس
- ٣ — سركومير

(عن شيفر)

تحتوى الألياف على عدة نوايات بيضية الشكل موضعها تحت الساركولما مباشرة في عضلات الثدييات، أما في عضلات الضفدعة فتوجد في سمك الليف العضلي. ويحيط بالنواة غالباً قليل من البروتوبلازم المحبب. وتكون المادة القابلة للانقباض من أعمدة طولية تسمى ساركوستيل (Sarcostyles) (شكل ١٢) يوجد بينها مادة شفافة تسمى ساركوبلازم (Sarcoplasm). وتعطى هذه الأعمدة لليفة العضلية تخطيطاً طولياً وفضلاً عن هذا التخطيط الطولى تظهر العضلات الإرادية تخطيطاً عرضياً يقسم الأعمدة الطولية إلى أقراص مضيئة ومعتمة على التوالى. ويوجد في وسط كل قرص مضىء خط يسمى غشاء

كراوس (Krause's membrane) وفي وسط كل قرص معتم خط آخر واضح دقيق يسمى خط هنسن (Hensen's line). ويسمى جزء العمود الطولى الذى يقع بين كل غشائين من أغشية كراوس بالسركومير (Sarcomere). وهو يتكون من جزء معتم في الوسط يحيط به من كل ناحية نصف قرص مضىء. (شكل ١٢). وتجمع الألياف العضلية في حزم بواسطة نسيج ضام خلالى، ويحيط بالعضلة كلها نسيج ضام ليفى. وتم الأوعية الدموية إلى العضلة في النسيج الخلالى الذى بين الألياف ولا يتخرق السركولما بتاتاً.

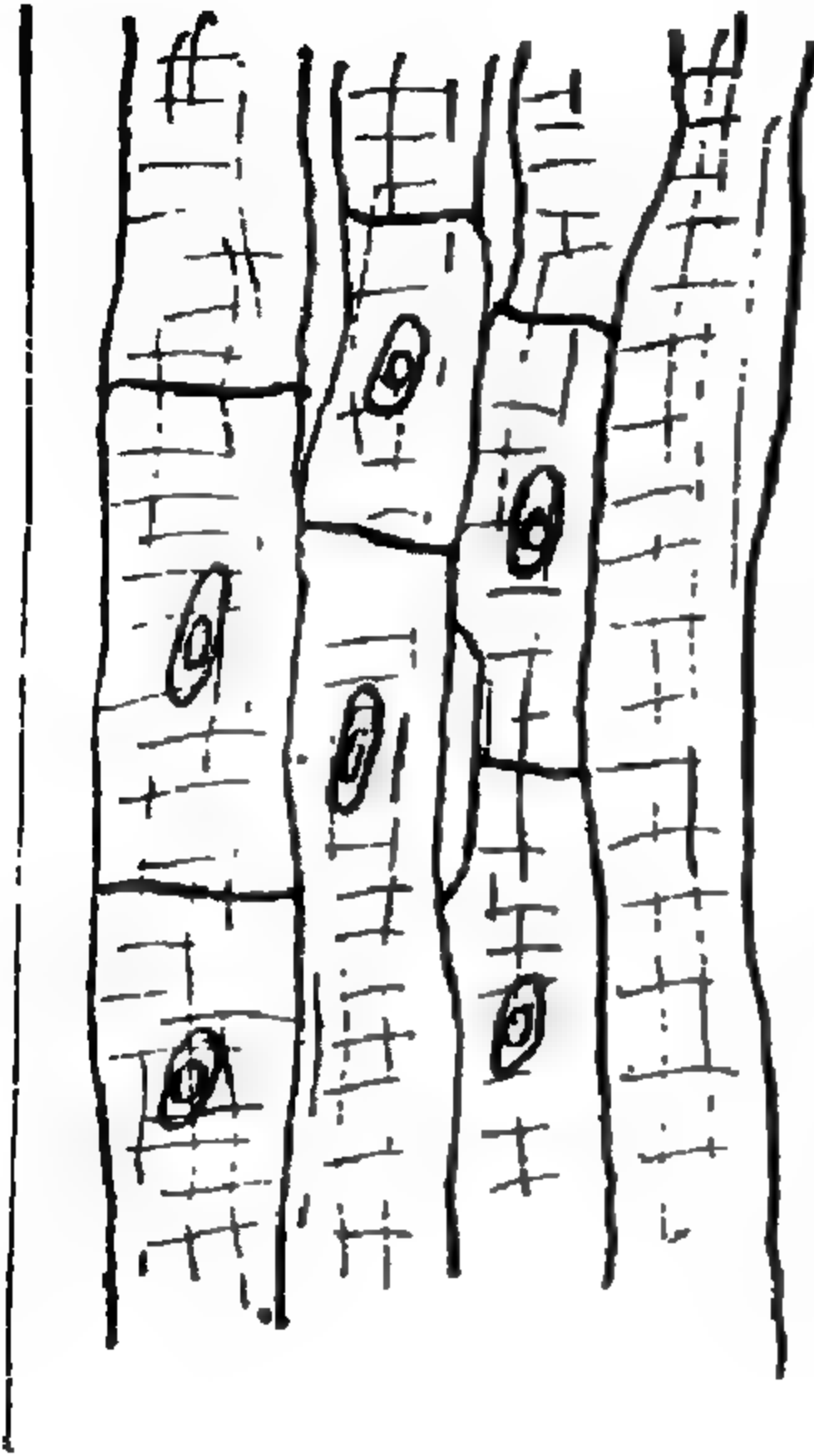
الألياف الحمراء والألياف البيضاء

هناك نوعان من الألياف العضلية الإرادية: ألياف حمراء وألياف بيضاء. ويظهر ذلك واضحاً في بعض الحيوانات — كالأرنب والدجاج — حيث نرى لبعض العضلات لوناً أحمر طويلاً، في حين أن بعضها الآخر عديم اللون وقد يوجد النوعان من الألياف بجوار بعضهما في العضلة الواحدة. وقد لوحظ في الأرنب أن العضلات الحمراء بطيئة الانقباض بعكس العضلات البيضاء. ومع أن الفرق بين ألوان العضلات في الحيوانات الأخرى — كالقط والكلب والإنسان — ليس واضحاً كما هو الحال في الأرنب والدجاج إلا أن بعض عضلات هذه الحيوانات ينقبض أيضاً بسرعة وبعضها ينقبض ببطء مما يدل على أن سرعة الانقباض أو بطئه ليس متعلقاً تماماً باللون. واللون الأحمر نتيجة لوجود مادة تشبه هيموجلوبين الدم بالعضلات. وتتميز العضلات الحمراء في الأرنب، أو العضلات التي تماثلها في الحيوانات الأخرى، بأنها أكبر حجماً ومعممة وبها كثير من السركوبلازم، مما يجعل تخطيطها الطولي واضحاً، وأما التخطيطات العرضية فغير منتظمة. ويوجد بالألياف الحمراء كثير من النوايات ليس فقط تحت السركوبلازم بل في سمك الليفة أيضاً. وتحتوى الألياف الحمراء على حبوب كثيرة مكونة غالباً من مادة دهنية تختفي في حالة صيام الحيوان. وأما الألياف البيضاء فهي رائقة وأصغر حجماً وبها قليل من السركوبلازم ولا تخزن حبوباً دهنية.

وكما رأى بعض العلماء توجد فروق أخرى من حيث وظيفة هذه الألياف العضلية؛ وسنذكرها بالتفصيل فيما بعد (باب النشاط العضلي (Muscle tone) بالجزء الثالث).

عضلة القلب

تشبه عضلة القلب (شكل ١٣) العضلات الهيكلية في كونها مخططة ،



(شكل ١٣)

وتختلف بذلك عن العضلات الغير الإرادية .
ولعضلة القلب صفات مميزة خاصة بها إذ تتحد
الألياف في مواضع كثيرة بوساطة أفرع
قصيرة مع بعضها . والألياف أصغر من ألياف
العضلات الهيكلية العادية ، وتخطيطها العرضي
أقل وضوحاً ؛ وليس لها سر كولما ، ونواتها
موجودة في وسط الليفة . والألياف العضلية
متصلة ببعضها ومكونة كتلة مستمرة من
البروتوبلازم (Syncytium) .

العضلات الغير الإرادية



(شكل ١٤)

تتركب هذه العضلات من ألياف صغيرة .
(شكل ١٤) مغزلية الشكل لها نواة بيضية عادة تحتوى
على نوية أو نويتين (nucleoli) . وهي مخططة تخطيطاً
طولياً ضعيفاً وليس بها تخطيط عرضي ؛ وليس لها
سر كولما حقيقية . ولكن يحيط بها غشاء رقيق من
البروتوبلازم ؛ ويدعم الألياف مع بعضها مادة ضامة
تصبغ بوساطة أزونات الفضة ؛ ويمر بها من خلية إلى
أخرى زوائد دقيقة .

وتوجد العضلات الغير الادارية في جدران
كثير من الأمعاء الداخلية — كالقناة الهضمية والمثانة
البولية والشرابين والأوردة وغيرها .

النسيج العصبي

يتركب النسيج العصبي من خلايا عصبية والخلايا العصبية على جملة أنواع تختلف في الشكل والحجم بحسب موضعها من الجهاز العصبي ووظيفتها وتتكون على العموم كل خلية عصبية من جزئين وهما جسم الخلية وفروعها وتوجد أجسام الخلايا بالجهاز العصبي الرئيسى — أى المخ والنخاع الشوكى. ويوجد عدد قليل منها فى عقد عصبية موجودة خارج المخ والنخاع الشوكى وأما الفروع فهى تربط المراكز العصبية بعضها ببعض كما تربط الجهاز العصبي الرئيسى بأنسجة الجسم المختلفة وتسمى الفروع بالأعصاب.

ويمكن تقسيم الأعصاب قسمين بحسب وظيفتها :

١ — أعصاب واردة (afferent) وهى التى تمر بها الاشارات من أعضاء الجسم المختلفة إلى الجهاز العصبي الرئيسى .

٢ — أعصاب صادرة (efferent) وهى التى تمر بها الاشارات من الخلية العصبية إلى خلية عصبية أخرى أو إلى أعضاء الجسم المختلفة .

وليس هناك فرق بين التركيب الميكروسكوبى للأعصاب الواردة والصادرة وسنتكلم عن التركيب الميكروسكوبى للنسيج العصبي فى الجزء الثالث .

الباب الثالث

التركيب الكيمائى للبروتو بلازم

١ - العناصر :

توجد العناصر الآتية فى كل الكائنات الحية : الكربون والايروجين والاكسيجين والازوت والكبريت والفوسفور والكلورين والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم والنحاس والحديد . وهناك عناصر أخرى موجودة فى بعض الكائنات دون الأخرى ، ومنها اليود والفلورين والبرومين والالومنيوم والنيكل والكوبلت والزنك والرصاص والفضة والكاديوم والليثيوم والاسترونشيوم والمنجنيز والسليكون وتحصل الكائنات الحية على مايلزمها من هذه العناصر من الوسط المحيط بها . فكل هذه العناصر موجودة فى القشرة الأرضية ، ووجودها شرط ضرورى فى الحياة ، فإذا ما كان أحد هذه العناصر الضرورية لتكوين البروتوبلازم قليلا فى الوسط المحيط به فإنه يحدد نمو الكائنات الحية فى هذه التربة . فمثلا نرى أن نمونبات فى أى تربة يقدر بكميات البوتاسيوم والازوت والفوسفور الموجودة فى تلك التربة .

٢ - المركبات :

ولا توجد هذه العناصر فى الكائنات الحية منفردة ولكنها تتحد مع بعضها وتكون مركبات كيميائية ولو أنه فى أحوال قليلة توجد بعض عناصر منفردة - مثال ذلك الأكسيجين فى الدم . وتنقسم المركبات إلى عضوية وغير عضوية . فأما المواد الغير عضوية فيوجد معظمها فى الهيكل العظمى ،

كأملاح فوسفات وكربونات الكالسيوم ؛ وتوجد بمقادير أقل في الدم وبقية أنسجة الجسم ككلور الصوديوم والبوتاسيوم وغيرها .

ويمكن تقسيم المركبات العضوية إلى ثلاثة أقسام وهي :

أولاً : الدهنيات ، وتحتوى على C ، H ، O وأحياناً F ، Z

ثانياً : مائيات الكربون ، وتحتوى على C ، H ، O

ثالثاً : البروتينات ، وتحتوى على C ، H ، O ، Z وعادة K وF

المواد الدهنية (Lipides)

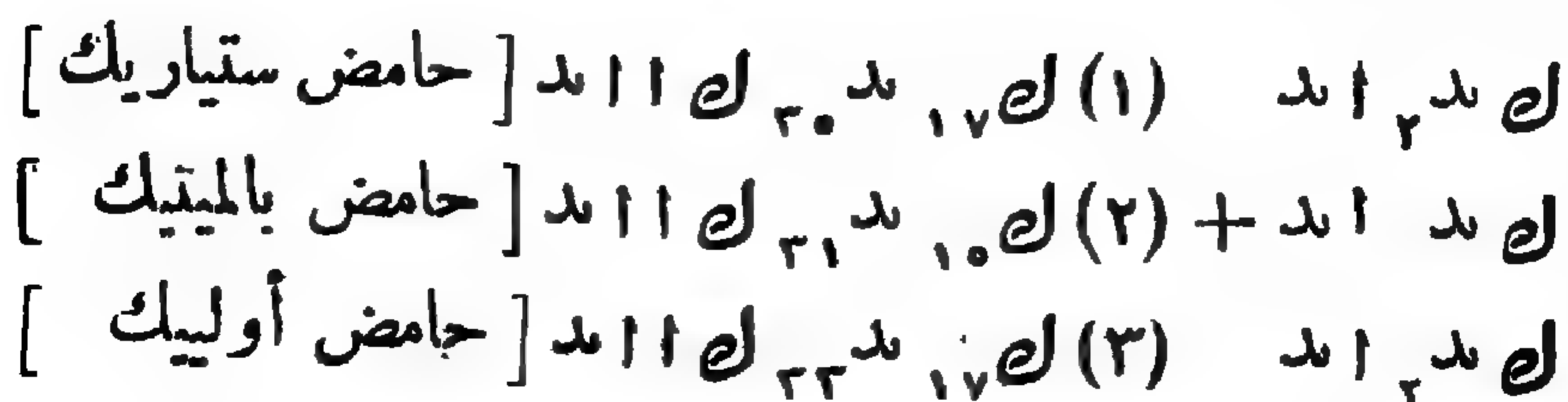
و تنقسم إلى

١ - مواد دهنية بسيطة (Simple lipides) : وهي الدهون (Fat) والشموع (Waxes) ، واسترات الكوليسترول (Cholesterol esters) والايسترولات الأخرى .

٢ - مواد دهنية مركبة (Compound lipides) : وهى الفسفوليبيد (Phospholipides) ، والجلوكوليبيد (Glucolipides) ، والأمينوليبيد (Aminolipides) .

المواد الدهنية البسيطة

الدهون : تتكون الدهون البسيطة من جليسرين وأحماض دهنية . وبين
الرمز الآتى جزئى الجليسرين مع ثلاثة جزيئات من الأحماض الدهنية لتكوين
جزئى دهن بسيط



وقد تكون الأحماض الدهنية المتحدة مع جزيء الجليسرين كلها متماثلة أو تكون مختلفة . وثلاثي البالميتين والاستيارين عبارة عن مواد شمعية بيضاء . أما ثلاثي الأولين فهو مادة زيتية سائلة . والأحماض الدهنية المناظرة لهذه الأنواع تشبهها جداً في الخواص .

وتتوقف الخواص الطبيعية للدهون على نسبة البالميتين والاستيارين والأولين الموجودة بها . وكلما زادت نسبة حامض الأوليك اتجهنا نحو السيولة ، والكثافة النوعية للدهون أقل من الوحدة ؛ ولا تذوب الدهون في الماء ولكنها تذوب في الأثير والبنزين والكلورفورم والكحول الساخن وغيرها من مذيبات الدهون . وللدهون الطبيعية درجة انصهار خاصة .

ومع أن الدهون غير قابلة للذوبان في الماء إلا أنه إذا كان الوسط قاعدياً يمكن الحصول على محاليل مائية غروية للدهون في وجود المواد التي تقلل الشد السطحي لها مثل الصابون وأملاح المرارة والساپونين وغيرها مما يكون مستحلباً ثابتاً للدهن في الماء . وتكوين المستحلب من الدهون في الأمعاء مهم جداً لعملية هضمها .

الشموع : وهي أسترات أحماض دهنية لكحولات أحادية الذرية ولها درجة انصهار أكثر ارتفاعاً من الدهون وقابلة للتحليل بوساطة القواعد بصعوبة ؛ ولا يمكن تحليلها بخميرة اللييز ؛ وهي غير قابلة للذوبان في الماء ؛ ولا تستعمل الشموع كغذاء . ومن أمثلتها شمع النحل .

استر الكوليسترول (Cholesterol esters) : وهي منتشرة جداً في الحيوانات وتوجد في الدم والليمف والغمد النخاعي للأعصاب . وقشرة الأدرينال والحويصلة المرارية والغدد الدهنية الموجودة بالجلد والتي تفرز زيتاً طبيعياً للشعر والريش .

الكوليسترول (الأيسترول الحيواني) $C_{27}H_{46}O$ ، $C_{28}H_{48}O$. وهو كحول

غير مشبع أحادى الايدروكسيل — متجمد فى درجة الحرارة العادية
ويوجد الكوليسترول بكميات قليلة فى دهون الحيوانات وفى الصفراء
والدم واللبن وصفار البيض والغمد النخاعى والكبد والكليتين وغدد
الأدرينال .

والكوليسترول غير قابل للذوبان فى الماء غير أنه يمكن جعله قابلاً للذوبان
بوساطة أملاح الصفراء والليستين .

الأرجوستيرون (الأيسترول النباتى) — عند تعريضه للأشعاع الفوق
البنفسجى يتكون منه كالسيفرول ، احد مركبات فيتامين د .

حامض الكوليك — ومشتقاته (أملاح جليكوكوليك وتوروكوليك) .
وهى أملاح الصفراء ويشق حامض الكوليك من الأيسترول عن طريق
الأكسدة .

وهناك مشتقات أخرى من الكوليسترول بالجسم كهرمونات الغدد
التناسلية : مثل الاسترين (œstrin) والبروجسترون (Progesterone)
والتستسترون (Testosterone) .

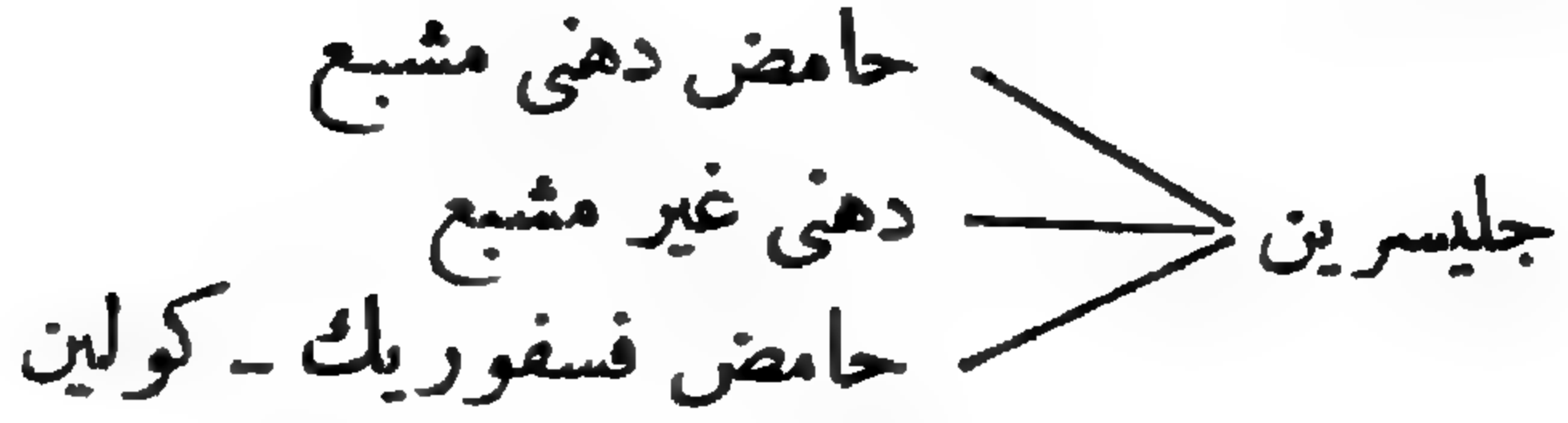
المواد الدهنية المركبة

الفوسفوليبيد : وهى تشبه الدهون من حيث خواصها الطبيعية . ويوجد
بالجسم منها ثلاثة أنواع مهمة وهى : ليسيثين (Lecithin) وكفالين (cephalin)
وسفينجوميالين (Sphingomyelin) . وهذه غير قابلة للذوبان فى الاستون
ولكنها تذوب فى الكحول .

ويمكن فصل هذه المجاميع عن بعضها بوساطة مذيبات مثل الكحول
والأثير التى تذيب بعضها منها دون الآخر .

ويتكون الليسيثين من جليسرين متحداً مع جزيئين من الأحماض الدهنية

عادة أحدهما غير مشبع - ومع حامض فوسفوريك متحداً مع القاعدة كولين (Choline) كما يتبين من الشكل الآتي



ويمثل الكفالين الليسيثين في تركيبه غير أن القاعدة تكون -ولامين (choalmine) بدلا من كولين

ويختلف السفنجو ميلين عن الليسيثين في احتوائه على القاعدة سفنجوزين بدلا من الجليسرين كما وأنه لا يحتوي إلا على حامض دهني واحد

مائيات الكربون (Carbohydrates)

تتركب مائيات الكربون من الكربون والهيدروجين والأكسجين ويوجد الهيدروجين والأكسجين فيها بنسبة ٢ : ١ ، أي نسبة وجودهما في الماء . ومائيات الكربون ذات أهمية في كل من النبات والحيوان . ففي النبات أول نتاج لعملية التمثيل الكربوني هو مائيات الكربون ؛ وفي الحيوان تكون هذه المواد مصدراً من أهم مصادر الطاقة . وتحتوي معظم مائيات الكربون المهمة في الحيوان على ست ذرات من الكربون أو مضاعفات هذا العدد . وهناك سلسلة من المركبات تحتوي جزيئاتها على ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ... الخ ذرات كربون ؛ وتسمى ديوزات ، تريوزات ، تetroزات ، بنتوزات ... الخ (Dioses, trioses, tetroses, pentoses etc.) .

البنتوزات (Pentoses): توجد هذه المركبات بنسبة كبيرة في النبات على شكل مائيات كربون مركبة عديدة التسكر تسمى البنتوزان ؛ وهذه تعطى البنتوز إذا حلت بالأحماض . ومنها الأرابينوز (arabinose) ، ويوجد في البول في حالات البنتوزوريا (Pentosuria) وهي نادرة ، ومنها الريبوز (ribose) الذي

يدخل في تركيب جزيء الحامض النووي (Nucleic acid) الموجود في نوايا الخلايا . ويمكن استعمال البنتوزات مادة غذائية لآكلة الحشائش ولانعلم شيئاً عما تؤديه في جسم الحيوان .

الهكسوزات (Hexoses) : أمكن تحضير عدد كبير من السكريات التي تحتوي على ست ذرات من الكربون وتسمى بالهكسوزات ولها الرمز الكيميائي $C_6H_{12}O_6$ ولكنها تختلف عن بعضها في طريقة اتحاد الذرات داخل الجزيء . ولكن ليس هناك قيمة فسيولوجية إلا لأربعة منها فقط وهي الجلوكوز أى سكر العنب (glucose) والفركتوز أى سكر الفواكه (fructose) والجالاكتوز (galactose) والمانوز (mannose) وأما الهكسوزات الأخرى فغير قابلة للتمثيل بالخلية الحيوانية .

الجلوكوز : هو السكر الموجود بالعنب ، وهو موجود بالجسم كناتج نهائي لهضم النشاء . وعندما يكون نقياً يكون بلورات بيضاء . ويزوب بسهولة في الماء ، ويحول محلول الجلوكوز الضوء المستقطب إلى اليمين .

الفركتوز : يوجد مخلوطاً بالجلوكوز في عسل النحل وفي سكر الفواكه . وهو موجود أيضاً متحداً مع الجلوكوز في سكر القصب . ويتبلور الفركتوز بصعوبة ، ويحول محلوله في الماء الضوء المستقطب جهة اليسار ، وقوة اختزاله لمحلول فهلنج أقل من قوة الجلوكوز . ويتخمر الفركتوز بخميرة البيرة كما يتخمر الجلوكوز .

اللاكتوز : ويوجد متحداً مع سكر العنب في سكر اللبن (Lactose) . ويدخل في تركيب الجالاكتوسيدات (galactosides) الموجودة بالملح ، وهو أقل ذوباناً في الماء من الجلوكوز . ويحول الضوء المستقطب جهة اليمين ؛ ويتخمر بيطء بالخميرة العادية . وهناك نوع من الخميرة يسمى (Saccaromyces apiculatus) يخمر الفركتوز والجلوكوز ولكن ليس له تأثير في الجالاكتوز .

ويمكن استخدام هذه الخميرة لفصل الجالاكتوز من مخلوط من أحاديّات السكر . والجالاكتوز يتخزل مجلول فهلنج بدرجة أقل من اختزال الجلوكوز .
المانوز : وهو نادر الوجود في غذائنا حتى إنه لا يلعب دوراً عملياً في فسيولوجيا الحيوان .

مشتقات الرهكسوزات : يوجد مشتقان من الجلوكوز لها أهمية فسيولوجية ، وهما الجلوكوزامين (glucosamine) وحامض الجلوكورونيك (glucuronic) ويحصل على الجلوكوزامين من الكيتين (chitin) الذي يكون الهيكل الخارجى لعدد كبير من اللافقرات ، وذلك بغليانه مع حامض الكلورديريك المركز . ويدخل الجلوكوزامين في تركيب الجلوكوبروتين مثل الميوسين ، ومحلوله يحول الضوء جهة اليمين . ويتخزل محلول فهلنج .

حامض الجلوكورونيك : ويمكن اعتباره أول نتيجة من أكسدة جزيء الجلوكوز . ويمكن الحصول عليه بأكسدة الجلوكوز بوساطة فوق أكسيد الأيدروجين . والجلوكورونات تحول الضوء إلى اليسار ولو أن الحامض المطلق يحوله جهة اليمين . وهى تتخزل محلول فهلنج عندما تكون حرة ولا تتخمر بالخميرة . ويوجد حامض الجلوكورونيك في البول متحداً مع الفينول والكافور والكلورال وغيرها من المواد السامة كوسيلة لمنع الضرر الذى ينتج منها (detoxication) .

ثنائيات السكر

تتكون ثنائيات السكر باتحاد جزيئين من جزيئات أحاديّات السكر مع طرد جزيء واحد من الماء . وبالتحليل المائى — كالغليان مثلاً مع الأحماض — تأخذ جزيئاً واحداً من الماء وتتسكر إلى جزيئين من جزيئات أحاديّات السكر . فيعطى سكر القصب أجزاءً متساوية من الجلوكوز والفركتوز في

حين يعطى المالتوز أو سكر الشعير جزيئين من الجلوكوز في حين يعطى سكر اللبن أو اللاكتوز جزيئاً من الجلوكوز وجزيئاً من الجالاكتوز .

سكر القصب : ويتحول بوساطة خميرة البيرة أو بخميرة انفرتين (invertase) الموجودة بالعصير المعوى إلى جزيء من سكر العنب وجزيء من سكر الفواكه ؛ ويحول سكر القصب الضوء المستقطب إلى اليمين ولكن العصير الناتج من تحليله بوساطة الخميرة يحول الضوء إلى اليسار . وذلك نظراً لأن قوة تحويل الضوء إلى اليسار بوساطة سكر الفواكه أقوى من قوة تحويل الضوء إلى اليمين بوساطة سكر العنب . ومن هنا نشأ اسم الخميرة (invertase) ، ومعناها الخميرة العاكسة . ولا يختزل سكر القصب محلول فهلنج .

سكر الشعير (مالتوز) : ويتكون من تحليل النشاء بوساطة الخميرة أميليز (amylase) وهو السكر الأساسى فى حبوب الشعير المنبتة . وهو يحول شديد للضوء المستقطب لليمين . ويتخمر بسهولة بالخميرة ؛ ويختزل محلول فهلنج . ويتحول سكر الشعير إلى سكر العنب بوساطة الخميرة مالتيز (maltase) الموجودة بالعصير المعوى .

سكر اللبن (لاكتوز) : موجود باللبن وهو أقل ذوباناً فى الماء ؛ وطعمه أقل حلاوة من ثنائى السكر الآخرين وهو يحول جهة اليمين ؛ ولا يتخمر بالخميرة العادية . ويمكن تحليل سكر اللبن بوساطة الخميرة لاكتيز (Lactase) بالعصير المعوى إلى جلوكوز وجالاكتوز . ويختزل سكر اللبن محلول فهلنج

مائات الكربون العديدة التسكر (polysaccharide)

(ل. يد. ا. هـ)

هى مواد مركبة ذات وزن جزيئى عالٍ تتكون باتحاد الجزيئات الأحادية التسكر ببعضها مع طرد الماء

النشاء : (Starch) موجود بكميات كبيرة فى المواد النباتية الغذائية .

ويكون جزءا هاما في الحبوب والدقيق والبطاطس ؛ ويوجد في الخلايا النباتية كحبيبات ترى تحت الميكروسكوب مكونة من حلقات ذات مركز واحد . ولا يذوب النشاء في الماء . وتتفخ الحبيبات في الماء الساخن وتنفجر مكونة عجينة سميكة تصير جيلاينية بالتبريد ، ويعطى محلول النشاء الغروي لونا أزرق باضافة اليود . وبالتحليل المائي بوساطة الأحماض أو خمائر الأميليز يتحول النشاء الغروي إلى نشاء ذائب ؛ ثم إلى أرثرو دكسترين ، ثم إلى أ كرو دكسترين ، ثم إلى ملتوز .

الجليكوجين (glycogen) أو النشاء الحيواني : ويشبه النشاء في التركيب والخواص . وهو موجود بالكبد والعضلات والأنسجة الأخرى بالجسم . وهو مسحوق أبيض يكون محلولاً غير رائق في الماء . ويترسب من محلوله باضافة ٦٠ ٪ كحولا . ويتحول بالغليان مع الأحماض إلى جلوكوز ويؤثر فيه الأميليز كما يؤثر في النشاء بالطريقة نفسها . ويعطى النشاء الحيواني مع اليود لونا أحمر .

الخليوز (cellulose) : ويكون جدار الخلية النباتية . ولذا فهو موجود في معظم أغذيتنا النباتية . وهو مادة عديمة اللون لا تذوب في الماء أو الأحماض المخففة أو القواعد ولكنه يذوب في أكسيد النحاسيك النشادرى . وبالغليان مع الأحماض المركزة يتحلل ويعطى جلوكوزاً . وفي الحيوانات آكلة الحشائش بهضم السليوز ويكون جزءا هاما من غذائها . ويتحلل بوساطة البكتريا الموجودة في المعدة الأولى في الحيوانات المجترة ، وفي المعى الأعور في الحيوانات آكلة الأعشاب الأخرى . ويوجد في بعض الخلايا النباتية نفسها خميرة تسمى سيتيز (cytase) تحلل الخليوز . ومن حيث إن هذه الخميرة تفسد بالغليان فإن العشب المطهى يصير أقل قابلية للهضم من العشب الطازج . وتفرز القناة الهضمية في بعض الفقريات خميرة السيتيز لتحليله . ولا يهضم الخليوز في الإنسان حيث أن خميره الأميليز لا تؤثر عليه ولكنه يذبه حركات الأمعاء ويساعد على عدم وجود الامساك .

٣ - البروتينات

تكون البروتينات أهم جزء في البروتوبلازم . ويجب أن تكون دائما بالغذاء حتى تتمكن الأنسجة من بناء بروتوبلازم جديد بدلا مما تفقده في تفاعلاتها المستمرة .

التركيب الأولي : تحتوي كل البروتينات على الأوكسيجين والهيدروجين والازوت والكربون وعادة الكبريت . وقد توجد هذه العناصر في جزيء البروتينات بالنسبة الآتية على وجه التقريب :

الكربون	. . . . .	٥٢,٥ ٪
الأوكسيجين	. . . . .	٢٢,٥ ٪
الازوت	. . . . .	١٦ ٪
الهيدروجين	. . . . .	٧ ٪
الكبريت	. . . . .	١,٥ ٪
الفسفور	. . . . .	٠,٥ ٪

الصفات الطبيعية : البروتينات مواد عديمة الطعم غروية ، ومعظمها غير قابل للتبلور ، وهي تذوب في الماء أو محاليل الأملاح الضعيفة أو الأحماض المخففة أو القواعد . وكثير من الزيوليات يتجبن أو يتجمد بارتفاع درجة الحرارة — وتسمى لذلك بالبروتينات القابلة للتجمع . فاذا سخن بياض البيض حتى درجة ٨٠° مئوية يتكون راسب من البروتينات المتجمعة . وهذا التغيير غير عكسي : أي أنه لا يمكن بخفض درجة الحرارة إعادة زلال البيض ثانية إلى حالة السيولة . ويتغير كثير من خواص البروتينات في عملية التجمع . وقليل من البروتينات — مثل الجيلاتين — تتجمد في درجات الحرارة المنخفضة ثم تعود فتصهر ثانية بالتدفئة .

الوزن الجزيئي للبروتينات : قد يمكن الوصول إلى فكرة تقريبية عن أقل وزن لجزيء البروتين بطرق كثيرة ولو أنه غالباً تكون النتائج مشكوكاً في صحتها لصعوبة الحصول على عينة نقية من البروتين ولسهولة تجمع جزيئات البروتين مع بعضها أو ادمصاصها بنسب مختلفة على مواد أخرى . وفيما يلي بعض الطرق التي اتبعت لتقدير الوزن الجزيئي للبروتينات :

أولاً : حلل التركيب العنصري لبعض البروتينات ثم حسب الوزن الجزيئي بفرض أن جزيء البروتينات يحتوى على ذرة واحدة من الكبريت . وتعطى هذه الطريقة أرقاماً أقل كثيراً من الواقع . وقد أمكن معرفة أقل وزن لجزيء الهيموجلوبين بطريقة مماثلة . فبالتحليل الكيميائي وجد أن جزيء الهيموجلوبين يحتوى على ٠,٣٣٥ ٪ من الحديد . فإذا فرض أن كل جزيء يحتوى على ذرة واحدة من الحديد كان الوزن الجزيئي ١٦٧٠٠ على الأقل (الوزن الذرى للحديد = ٥٦) .

ثانياً : تمكن أدير (Adair) من تقدير الوزن الجزيئي للهيموجلوبين بواسطة تقدير الضغط الأوزموزى لمحلول نقي منه . وقد وجد أن وزن جزيء الهيموجلوبين يساوى أربعة أضعاف الوزن الذى يحصل عليه باتباع الطريقة الأولى ، أى أن جزيء الهيموجلوبين يحتوى على أربع ذرات من الحديد .

ثالثاً : استعمل سفدبرج (Svedberg) آلة طاردة مركزية سريعة جداً (Ultracentrifuge) (أكثر من ١٠٠٠٠ دورة فى الدقيقة) . وبملاحظة سرعة ركود جزيئات المادة البروتينية أمكنه حساب وزن جزيء البروتينات . وبين الجدول الآتى بعض الأوزان التى حصل عليها بهذه الطريقة :

٤٠٥٠٠	زالال البيض
٦٨٠٠٠	هيموجلوبين
٦٩٠٠٠	زالال السيرم
١٥٠٠٠٠	جلوبيولين السيرم

رابعاً: استعمل نورثروب (Northrop) خاصية انتشار جزيئات البروتينات لتقدير أوزانها الجزيئية. وقد حصل بهذه الطريقة على أوزان مشابهة لتلك التي أمكن الحصول عليها بالطريقة الأنفة.

تركيب جزيء البروتين

إذا أغلينا البروتينات مع حامض الكلوردريك مدة طويلة أمكن تحويل البروتينات إلى أحماض أمينية صغيرة. ويمكن الحصول على نفس التحليل بوساطة خمائر العصائر الهضمية. ويوجد بالنباتات أيضاً خمائر (Papain) يمكنها أن تقوم بالعمل نفسه.

الأحماض الأمينية

هي نتاج التحليل المائي للبروتينات. ويذوب معظم الأحماض الأمينية في الماء وتنتشر بسهولة. وكل محاليل الأحماض الأمينية الطبيعية التي نحصل عليها من تحليل البروتينات المائي لها القدرة على تحويل الضوء المستقطب ما عدا الجليسين. وأما الأحماض التي تتركب بالمعمل فهي غير فعالة. ويوجد بكل حمض أميني المجموعة القاعدية زيد، والمجموعة الحامضية ك ١١ د؛ وتعطى هاتان المجموعتان لجزء الحمض الأميني صفة مزدوجة (Amphoter property). ففي وجود حامض قوي — كحامض الكلوردريك — يمكن اتحاد الحامض الأميني معه مكوناً مثلاً جليسين هيدروكلوريد. وفي وجود القواعد تكون الأحماض الأمينية مركبات مثل أمينوخلات البوتاسيوم. وتتحد الأحماض الأمينية مع بعضها كما يتحد الحامض مع القاعدة. فتتحد مجموعة زيد من حامض أميني مع مجموعة ك ١١ د من حامض آخر وسمى الاتصال — ك ١. زيد — بالرابطة الببتيدية (Peptide linkage). ولما كانت المواد البروتينية مكونة من عدد كبير من الأحماض الأمينية فإننا نجد

أن للبروتينات نفس الصفة المزدوجة ، أى أن جزيء البروتين يمكنه أن يوجد على هيئة أملاح مع الحوامض أو القواعد أو في الحالة المطلقة. ويتوقف ذلك على درجة تركيز أيونات الأيدروجين في المحلول. فكل جزيء بروتين درجة تركيز أيدروجيني معينة لا يتحد الجزيء فيها مع الأحماض أو القواعد بل يظل كبروتين مطلق ؛ وتسمى هذه الدرجة نقطة التشابه الكهربائي (Isoelectric point). فإذا زادت كمية أيونات الأيدروجين عن هذه الدرجة شابه جزيء البروتين القواعد واتحد مع الأحماض. وأما إذا قلت أيونات الأيدروجين عن درجة التشابه الكهربائي فإن جزيء البروتين يشابه الأحماض ويتحد مع القواعد.

وبين الجدول الآتي تقسيم الأحماض الأمينية وتركيبها :

الاصماصمهم أمادية الاصميص أمادية الكربوكسيل

- ١ — جليسين (Glycine) ز د_٢ . ك د_٢ . ك ١١ د
- ٢ — ألانين Alanine ك د_٢ . ك د (ز د_٢) . ك ١١ د
- ٣ — سرين Serine د ١ . ك د_٢ . ك د (ز د_٢) . ك ١١ د
- ٤ — ثريونين Threonine د ١ . ك د_٢ . ك د (ز د_٢) . ك ١١ د
- ٥ — ميثونين Methionine ك د_٢ . ك ب . ك د_٢ . ك د (ز د_٢) . ك ١١ د
- ٦ — فالين Valine (ك د_٢) : ك د . ك د (ز د_٢) . ك ١١ د
- ٧ — كابرين Caprine ك د_٢ . ك د_٢ . ك د_٢ . ك د (ز د_٢) . ك ١١ د
- ٨ — ليوسين Leucine (ك د_٢) : ك د . ك د_٢ . ك د (ز د_٢) . ك ١١ د
- ٩ — أيسوليوسين Isoleucine ك د_٢ . ك د_٢ . ك د (ك د_٢) . ك د (ز د_٢) . ك ١١ د

١٠ — فينيل ألانين Phenylalanine



١١ — تيروزين Tyrosine



الاصمصة اُمادية الامين ثنائية الكربوكسيل

١٢ — حمض اسبارتيك Aspartic acid



١٣ — حمض جلوتاميك Glutamic acid



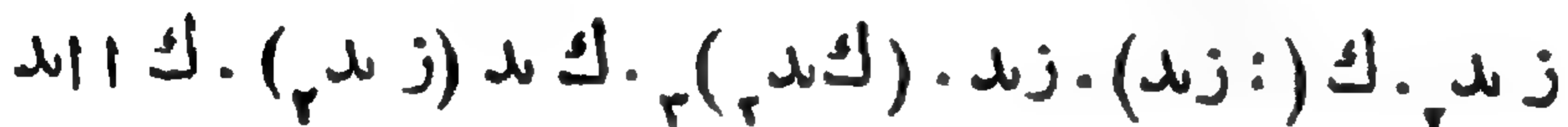
١٤ — حمض هيدروكسي جلوتاميك Hydroxyglutamic acid



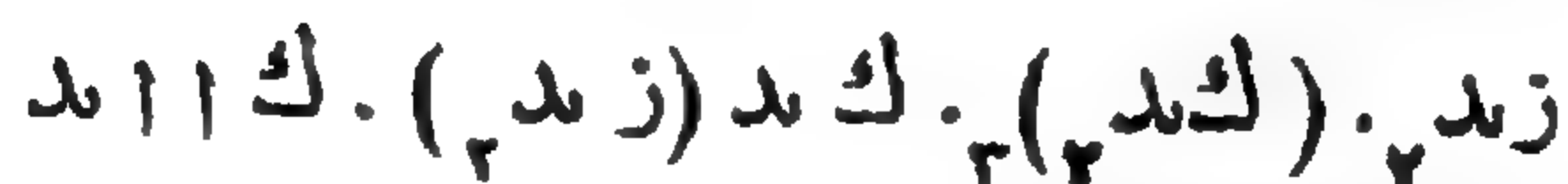
الاصمصة ثنائية الامين اُمادية الكربوكسيل

١٥ — ليسين Lysine ز د . (ك د) . ك د (ز د) . ك د

١٦ — أرجينين Arginine



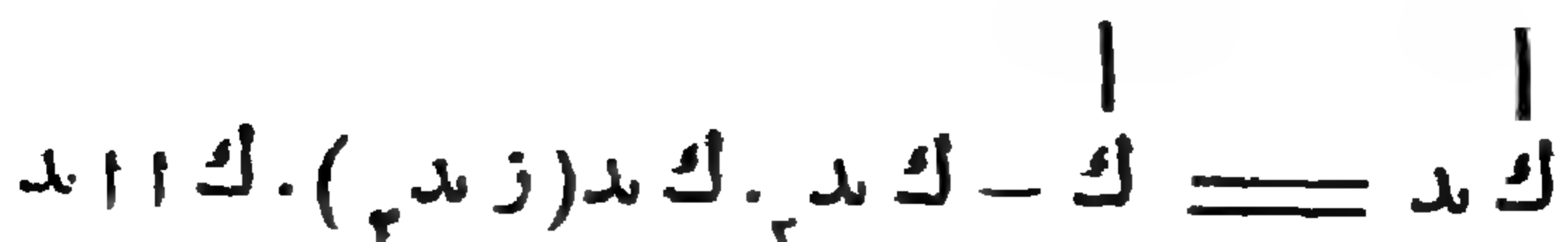
١٧ — أورنيثين Ornithine



١٨ — سيتروллин Citrulline

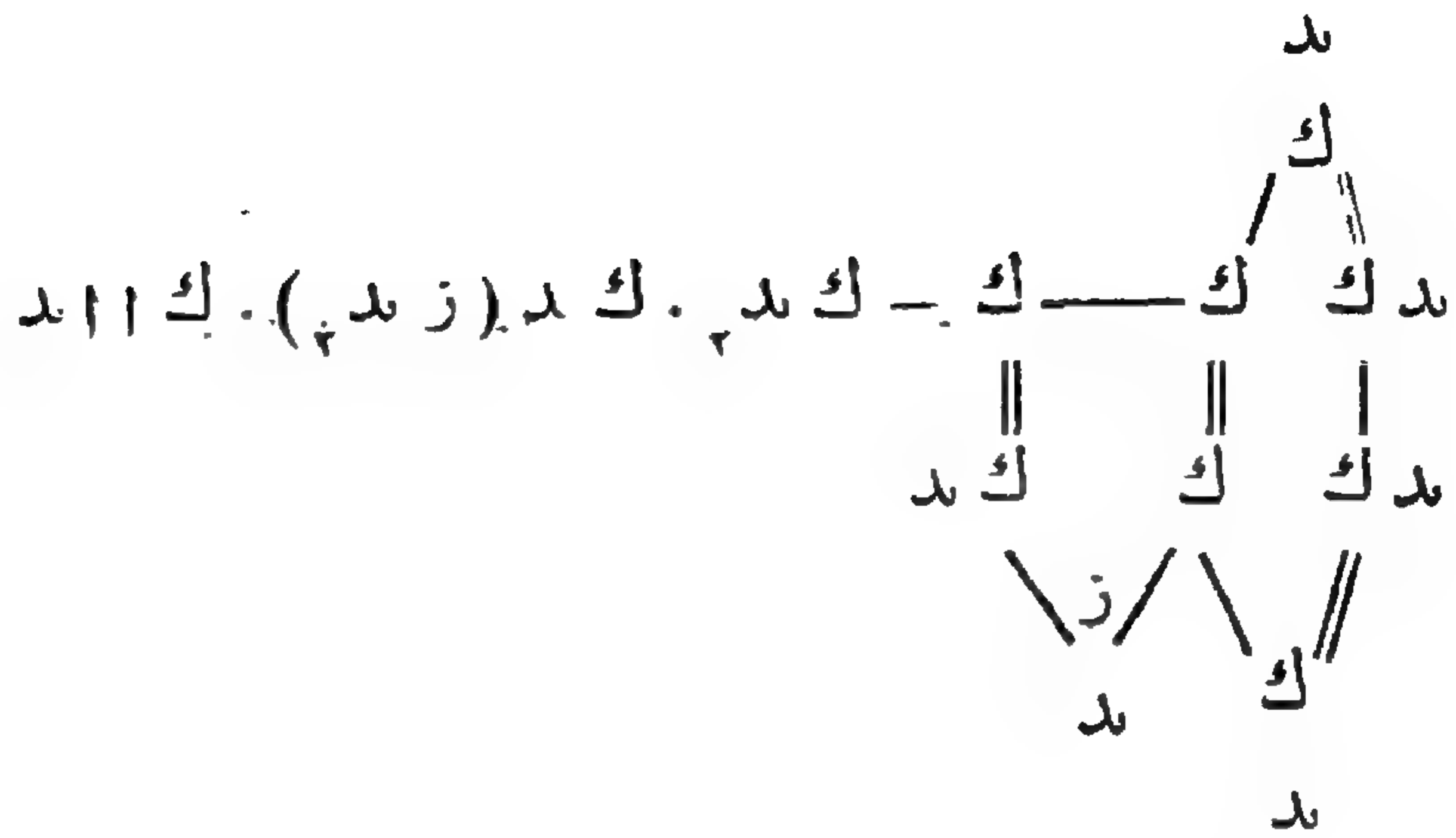


١٩ — هيسثيدين Histidine



صمغہ اُمینی بہ نواۃ الانرول

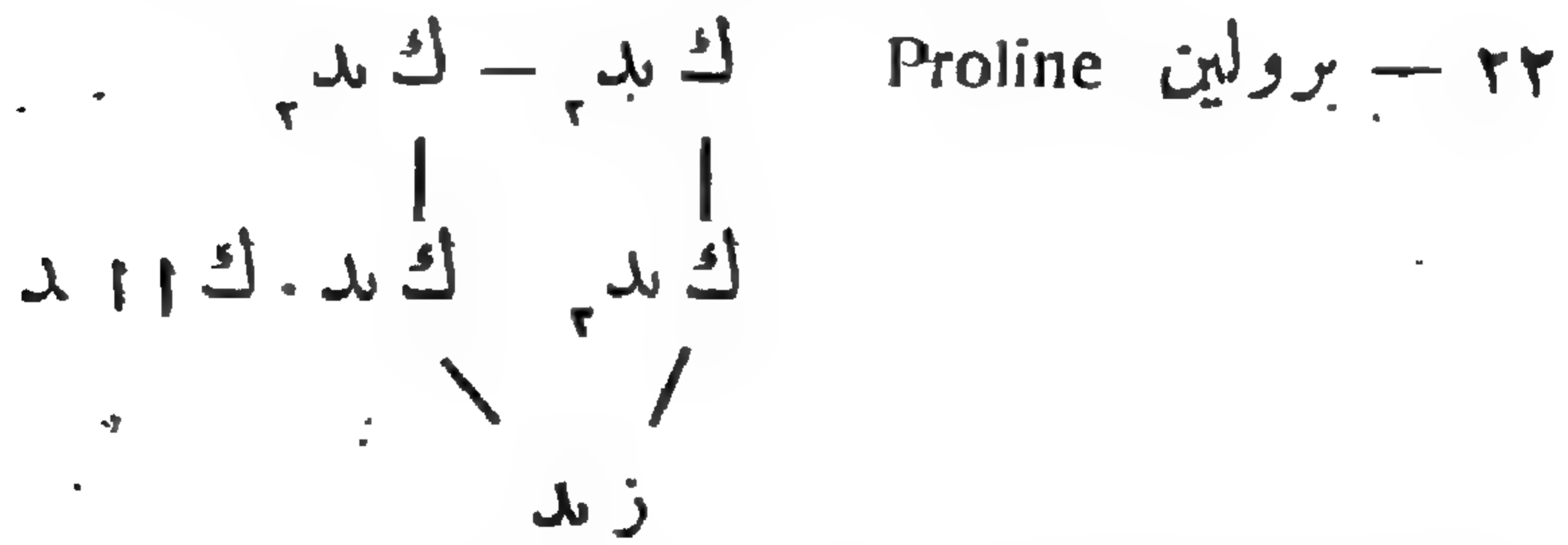
٢٠ — تریٹوفان Tryptophane



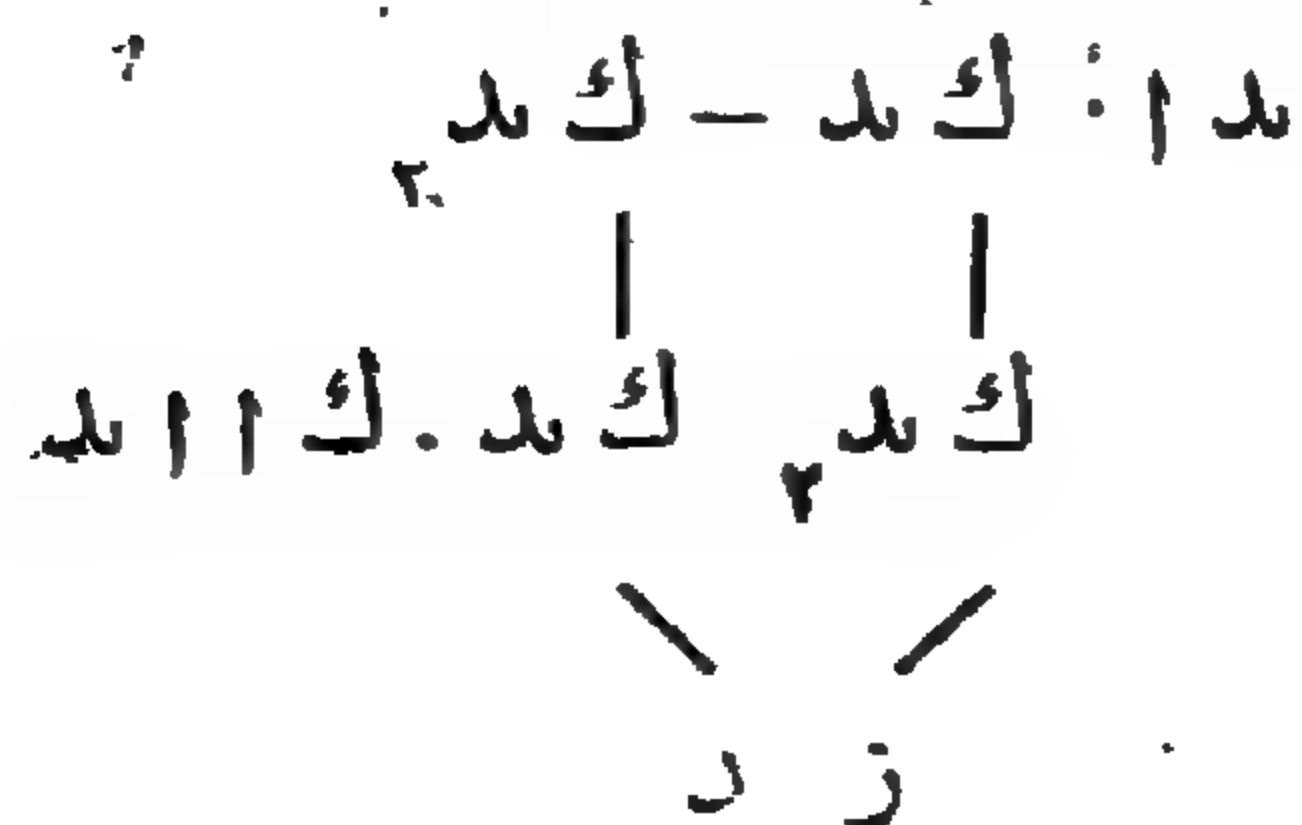
صمغہ ثنائی الامین ثنائی الكربوکسیل

٢١ — سستین Cystine د ا ا ك . ك د (زد) . ك د . ك ب .
 ك ب . ك د . ك د (زد) . ك ا ا د — وإذا اختزل يكون جزيئين
 من سستين Cysteine د ك ب . ك د . ك د (زد) . ك ا ا د

الاصمغہ الامينية (Imino acids)



٢٣ — هيدروكسيبرولين Hydroxyproline



جدول (١)

ادستين	جلوبين الهيمو جلوبين	زيبين الذرة	جلوتينين القمح	جليادين القمح	كازينو جين	جلياتين	الببومين اللبن	بروتين عضل الثور	الببومين البيض	
٣,٨	—	٠	٠,٩	٠	٠	٢٤,٥	٠	٢,١	٠	جليسين
٣,٦	٤,٢	٩,٨	٤,٧	٢,٠	١,٥	٨,٧	٢,٥	٣,٧	٢,٢	الانين
+	—	١,٩	٠,٢	٣,٤	٧,٢	٠	٠,٩	٠,٨	٢,٥	قالين
٢٠,٩	٢٩,٠	٢٥,٠	٦,٠	٦,٦	٩,٤	٧,١	١٩,٤	١١,٧	١٠,٧	ليوسين
—	—	—	—	—	—	٠	—	—	—	ايسوليوسين
١٠,٢	٤,٤	١,٨	٠,٩	٠,٦	٤,١	٣,٤	١,٠	٤,٥	٦,٢	حامض اسبارتيك
١٩,٢	١,٧	٣١,٣	٢٣,٤	٤٣,٧	٢١,٦	٥,٨	١٠,١	١٥,٥	١٣,٣	حامض جلوتاميك
٠,٣	٠,٦	١,٠	٠,٧	٠,٢	٠,٥	٠,٤	—	—	—	سيرين
—	—	٢,٥	—	—	١٠,٥	٠	—	—	—	حامض هيدروكسي جلوتاميك
٤,١	٢,٣	٩,٠	٤,٢	١٣,٢	٨,٠	٩,٥	٤,٠	٥,٨	٣,٥٦	برولين
٢,٠	١,٠	—	—	—	٠,٣	١٤,١	—	—	—	هيدروكسي برولين
٣,١	٤,٢	٧,٦	٢,٠	٢,٤	٣,٢	١,٤	٢,٤	٣,٢	٥,١٧	فينيل الانين
٤,٥	١,٣	٥,٢	٤,٣	١,٢	٤,٥	٠,٠١	٠,٩	٢,٢	٤,٢	تيروزين
٢,٥	+	٠	+	١,٠	١,٧	٠	—	+	١,٣	تربتوفان
٢,٢	٤,٣	٠	١,٩	٠,٢	٦,٠	٥,٩	٩,٢	٧,٦	٥,٠	ليسين
١٥,٨	٥,٤	١,٨	٤,٧	٣,٢	٣,٨	٨,٢	٣,٢	٧,٥	٥,٦	أرجينين
٢,١	١١,٠	٠,٨	١,٨	٠,٦	٢,٥	٠,٩	٢,١	١,٨	١,٤	هيستدين
١,٤	٠,٣	—	٠,٠٢	٠,٥	—	؟	—	—	٠,٩	سستين
—	—	٣,٦	٤,٠	٥,٢	١,٦	٠,٤	١,٣	١,١	١,٣٤	أمونيا
٢,١	—	—	—	—	—	—	—	—	—	مثنونين
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	كابرين
٩٧,٨	٦٩,٧	١٠١,٣	٥٩,٧٢	٨٤,٠	٦٨,٤	١١,٣١	٥٧,٠	٦٧,٥	٦٣,٤	المجموع

وبيين جدول (١) نسبة الأحماض الأمينية المختلفة الموجودة في عدد من البروتينات ويلاحظ أن بعض البروتينات تحتوى على نسب كبيرة من حمض أميني معين بينما تحتوى على نسب أصغر من أحماض أخرى . فمثلا نجد أن حامض جلوتاميك يكون ١٣,٣ ٪ من زلال البيض و ١,٧ ٪ من جلوبيين الهيمو جلوبيين بينما يكون ٤٣,٧ ٪ من جليادين دقيق القمح .

تقسيم البروتينات

يمكن تقسيم البروتينات إلى :

أولاً : البروتينات البسيطة (Simple proteins) وبالتحليل المائي تعطى أحماض أمينية

١ — الألبومينات (albumins) وهى قابلة للذوبان في الماء النقي وتتجلط بالحرارة وترسب بكبريتات النشادر المشبعة أو بكبريتات الزنك ومن أمثلتها زلال البيض وزلال السيرم .

٢ — الجلوبيولينات (Globulins) وهى لا تذوب في الماء النقي ، وتحتاج إلى وجود كمية خاصة من الأملاح الغير العضوية لاذابتها ويرسب الجلوبيولين بالتشبع الكامل بكبريتات المغنسيوم أو بكبريتات النشادر النصف المشبعة ومن أمثلة الجلوبيولين جلوبيولين السيرم والفيبرينوجين (Fibrinogen) الموجودان بالبلازما أى السائل الدموي والميوجين (myogen) الموجود بالعضلات .

٣ — البروتامينات (Protamines) وتوجد بالجسم متحدة مع مجاميع أخرى ويمكن الحصول عليها من الحيوانات المنوية الناضجة من بعض الأسماك حيث تكون متحدة مع حامض النواة وتميز باحتواء جزيئاتها على كمية كبيرة جداً من الأحماض ثنائية الأمين التي ترتفع إلى ٨٥ ٪ من المادة كلها وتبعاً لمحتوياتها فانها تملك صفات قاعدية ، وتكوّن املاحاً مع الأحماض القوية كحامض الكلوردريك .

٤ — الهيستونات (Histones) وتشبه البروتامينات في أنها توجد فقط متحدة مع مواد أخرى مثل النيوكلين (nuclein) والهيماتين (Haematin) وقد يمكن الحصول عليها من كرات الدم الحمراء حيث تدخل في تركيب الهيموجلوبين ومن الحيوانات المنوية في الأسماك ويطرسب الهستون من محاليله المائية بإضافة الأمونيا غير أنها تذوب في زيادة منه وتحتوى على نسبة كبيرة من الأحماض ثنائية الأمين وتشبه في ذلك البروتامينات .

٥ — البرولامينات (Prolamins) — سميت هذه الفصيلة بهذا الاسم لأنها تحتوى على كمية كبيرة من الحامض الأميني بروتين — ويوجد البرولامين فقط في النبات ومن أمثلته زين (Zein) الموجود بالذرة وجليادين الموجود بالقمح وهى تذوب في ٧٠ في المائة الكحول وفي القواعد والأحماض الضعيفة ولكنها لا تذوب في الماء .

٦ — الجلوتيلينات (Glutelins) ويحصل عليها أيضاً من الحبوب . وتذوب في القواعد والأحماض الضعيفة .

٧ — السكليروبروتينات (Scleroproteins) وهى غير قابلة للذوبان وتوجد فقط في الحيوان ومن أمثلتها كيراتين الموجود في القرون والحوافر والإستين الموجود في أوتار العضلات .

ثانياً : البروتينات المعقمة (conjugated proteins)

١ — البروتينات الفوسفورية (phosphoproteins) وتحتوى على الفوسفور كجزء أساسى منها وهذه المجموعة من البروتينات خواص حامضية واضحة جداً . وهى غير قابلة للذوبان في الماء النقى وتذوب بسهولة في القواعد والنشادر ومن أمثلتها الكازينوجين (casienogen) وهو البروتين الأساسى في اللبن والفيتلين (vitellin) وهو البروتين الأساس فى صفار البيض .

٢ — البروتينات النووية (nucleoproteins) وتتركب من اتحاد حامض

عضوى فوسفورى ، وهو الحامض النووى مع البروتين الذى يكون عادة هستونا أو بروتامينا ولا ينفصل فورسفور البروتين النووى بواسطة القواعد بخلاف الفوسفوبروتين التى تطرد القواعد حامض الفوسفوريك منه ويبدو أن اتحاد البروتين مع الحامض النووى يحدث على مرحلتين فعند تعريض البروتين النووى للعصير الهضمى المعدى يذوب جزء كبير من البروتين تاركا جزءاً متبقياً غير قابل للذوبان متحداً مع الحامض . ويسمى المركب الناشئ نيوكلين (nuclein) ومن الأخير يمكن فصل الحامض النووى بالتسخين مع الأحماض المركزة أو بواسطة خميرة الزبسين . وتذوب البروتينات النووية فى الماء ومحاليل الأملاح والقواعد المخففة : ولها صفات حامضية ، وترسب بإضافة الأحماض . أما النيوكلين فغير قابل للذوبان فى الماء ومحاليل الأملاح ولكنه يذوب بسهولة بواسطة القواعد المخففة . وتكون البروتينات النووية وكذا النيوكلين الجزء الأساسى الثابت فى نواة الخلية . ويمكن الحصول على البروتين النووى من الأعضاء التى بها خلايا كثيرة — مثل الثيموس والبنكرياس — ومن كرات الدم الحمراء ذات النواة ومن رؤوس الحيوانات المنوية ومن الخميرة .

٣ — الكروموبروتينات (Chromoproteins) — تتركب هذه المجموعة من مواد ملونة متحدة مع البروتين وأهم مركب فيها هو الهيموجلوبين وهو المسادة الحمراء بالدم . وتلعب دوراً هاماً فى عملية التنفس . وتتركب من البروتين — جلوبين — متحداً مع نواة أخرى تحتوى على الحديد وتسمى هيماتين . ويحتوى الهيموجلوبين على ٤ ٪ تقريباً من الهيماتين .

٤ — الجلوكوبروتينات (Glucoproteins) وتحتوى على مجموعة أو أكثر من مائيات الكربون مثل المانوز والجالاكتوز ومن أمثلتها المخاطين الموجود فى اللعاب وفى إفرازات الأغشية المخاطية .

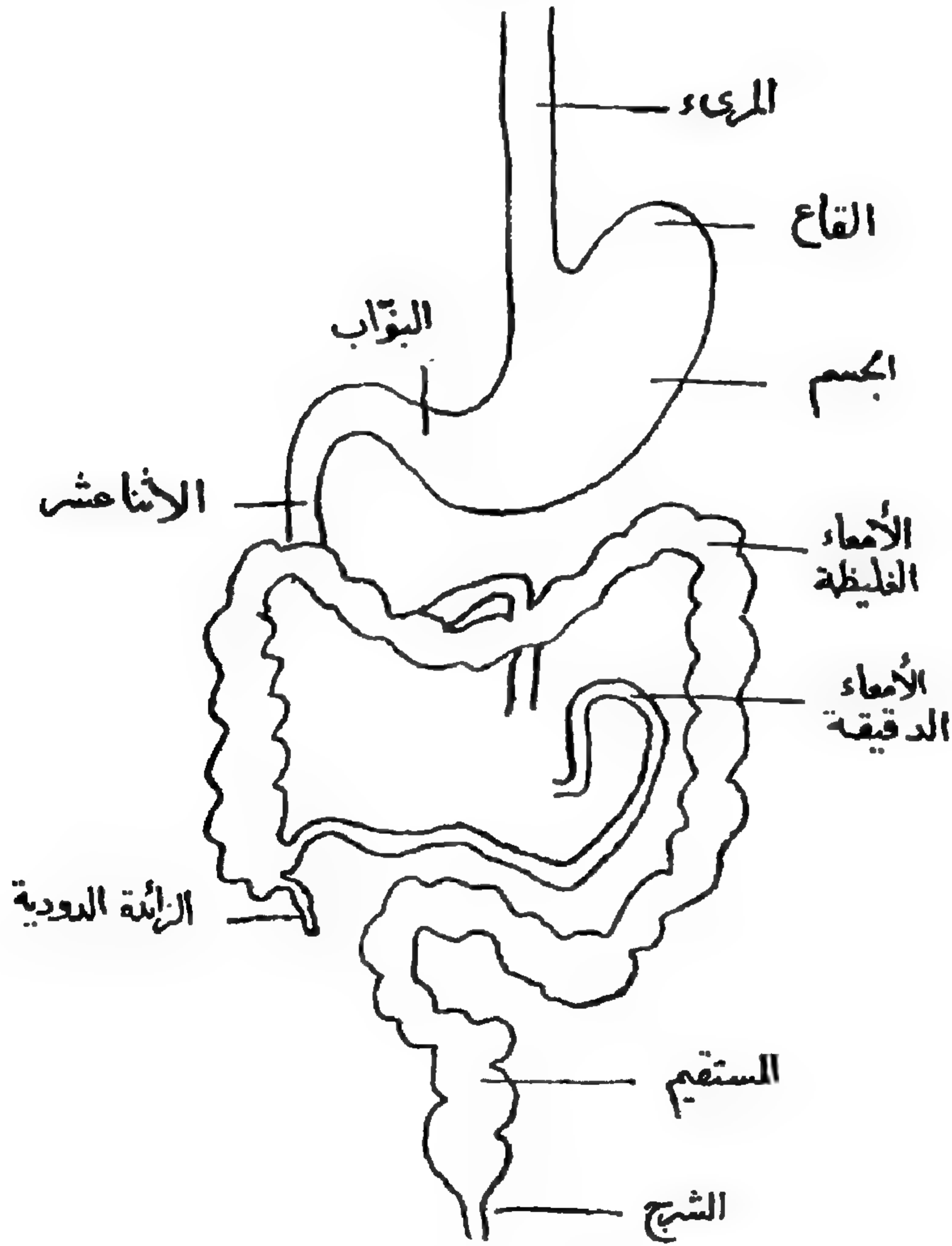
ثالثاً — مشتقات البروتينات ونواتج التحليل المائي للبروتين :

تتحلل البروتينات بغليانها مع الأحماض أو بفعل خمائر خاصة إلى الأحماض الأمينية . وتتم هذه التغيرات التحليلية في سلسلة من المراحل حتى أن النواتج المتوسطة تعطى تفاعلات كثيرة للبروتينات . وتنقسم هذه البروتينات المشتقة إلى ثلاث مجاميع : الميتابروتينات والبروتيازات والببتونات . ويظهر جداً تكوين هذه المركبات المتوسطة بفعل الانزيمات . فمثلاً وجد أن الپيسين مع حامض الكلوردريك لا يكسر جزيء البروتين إلا البروتياز والببتون فقط ولكنه لا يعطى أحماضاً أمينية أما التربسين فيحلل البروتين إلى البروتياز والببتون وأحماض أمينية وفي كلتا الحالتين تفصل الرابطة الببتيدية حيث أن أعداداً متساوية من المجموعتين Z و K ١١ بد تصبح مطلقة . وتعطى الببتونات والبروتيازات كل تفاعلات البروتينات العامة ؛ وترسب مثلها بجواهر كشافه مثل كلورور الزئبق أو حامض الفوسفوتنجستيك وهي غير قابلة للتجلط وترسب عدد كبير منها بوساطة الكحول .

الباب الرابع

الهضم

نستمد الوقود الضروري للطاقات المختلفة التي تكون الحياة ، كحركة القلب والتنفس وحفظ حرارة الجسم وعمل أى مجهود كالسير أو صعود



(شكل ١٥)

الدرج أرفع الأثقال ، من أكسدة المواد الغذائية التي تكون الطعام . فاذا منع الانسان عن الطعام ظل قادراً على صرف هذه الطاقات . ولكن ينقص

وزنه إذ يستعمل المركبات العضوية التي تكون بروتوبلازم الجسم بدلا من الطعام . ولذلك نرى أنه لا يمكن للحيوان الامتناع عن الطعام لمدة غير محدودة ذلك لأنه يستعوض بالطعام عما يستهلكه الجسم من البروتوبلازم في التفاعلات الكيميائية والطبيعية التي تحدث به والتي تكون الحياة . ولما كانت المواد العضوية الموجودة بالطعام تتركب غالباً من جزيئات كبيرة لا يمكن أن تمر من الأغشية المحيطة بالقناة الهضمية وجب تحويلها أولاً إلى جزيئات أصغر منها — وتسمى هذه العملية بالهضم . وبذلك يحول جزيء البروتين مثلاً إلى مئات من جزيئات الأحماض الأمينية التي تمر بسهولة من جدار القناة الهضمية ، ويبين (شكل ١٥) أقسام القناة الهضمية .

إذا أردنا أن نجري هذا التحويل خارج الجسم وجب علينا أن نعالج البروتين بأحماض أو قواعد قوية في درجة حرارة الغليان مدة طويلة ، نقسأل الآن : كيف تتمكن القناة الهضمية من تحويل الأغذية في مدة لا تزيد عن ساعتين أو ثلاث ساعات ، وفي درجة حرارة الجسم الطبيعية (٣٧ — ٣٨ ° مئوية) ؟ والجواب على ذلك هو أن بالقناة الهضمية مواد كيميائية عضوية تسمى بالإنزيمات (Enzymes) تفرزها الغدد المختلفة المحيطة بالقناة .

الإنزيمات (Enzymes)

لفهم طريقة عمل الإنزيمات يجب علينا أن ندرس شيئاً عن مواد أخرى غير عضوية تقوم بنفس عمل الإنزيمات في التفاعلات الكيميائية . فمثلاً لو تركنا محلولاً من فوق أكسيد الأيدروجين وجدنا أنه يتغير ببطء عظيم إلى ماء وأوكسجين . فإذا وضعنا بالمحلول قليلاً من البلاطين الاسفنجي ازدادت سرعة هذا التغير كثيراً وصعدت فقاعات من الأوكسجين من المحلول . ووظيفة عمل البلاطين في هذه الحالة هو تغيير سرعة التفاعل من حيث أنه لا يدخل في تركيب

المحاصيل النهائية ؛ ويمكن استخراجها كما كان بحالته الأولى عند نهاية التفاعل وعليه فإن كمية قليلة جداً من البلاتين يمكنها أن تغير كميات عظيمة من فوق أكسيد الايدروجين ؛ وكل ما نحصل عليه كلما زدنا كمية البلاتين هو زيادة السرعة التي يحصل بها تغير فوق أكسيد الايدروجين إلى ماء وأوكسيجين ، ويسمى البلاتين في هذه الحالة بالعامل المساعد ؛ ويمكن زيادة سرعة معظم التفاعلات الكيميائية بإضافة مواد خاصة تقوم مقام البلاتين في المثل السابق . ومع أن عمل الخمائر العضوية يختلف من وجوه كثيرة عن عمل العوامل المساعدة الغير العضوية إلا أن نتيجة وجودهما واحدة في الحالتين ، وهى زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية . فمثلاً إذا وضع محلول فوق أكسيد الايدروجين على أحد الأغشية المخاطية صعدت فقائيع الأوكسيجين بسرعة . والسبب في هذه الحالة هو وجود الخميرة المسماة كاتاليز (Catalase) فى أنسجة الجسم ، وهى تقوم مقام البلاتين الاسفنجى فى تغير فوق أكسيد الايدروجين إلى ماء وأوكسيجين .

ويمكن تعريف الخمائر بأنها مواد عضوية لها نفس العمل الذى تقوم به العوامل المساعدة الغير العضوية من حيث زيادة سرعة تفاعلات كيميائية نوعية . وتصنع الخمائر بواسطة الخلايا الحية ولكنها مستقلة عنها فى عملها . ومن خصائص الخمائر ما يأتى :

أولاً — فواص تشابه فواص العوامل المساعدة الغير العضوية :

١ — يتحلل محلول سكر القصب ببطء شديد إلى سكر العنب وسكر الفواكه فى درجة حرارة الغليان . وعليه يمكننا أن نستنتج أن هذا التحليل يجرى فى درجة حرارة الجسم ولكن ببطء شديد . فإذا أضيفت إلى المحلول الخميرة سكريز (Sucrase) زادت سرعة التحليل بدرجة كبيرة .

ومن جهة أخرى إذا عقم محلول من النشاء بقى بلا تغير لمدة طويلة ، وبإضافة قليل من الأميليز تحلل بسرعة إلى ملتوز وبذلك . قد يدل هذا

المثل على أن وجود الخميرة لا يسرع التحليل فقط بل يبدو أيضاً ؛ ولو أنه لا يثبت ذلك قطعياً . هناك كذلك رأى جديد بأن العوامل المساعدة الغير عضوية قد تبدأ تفاعلات كيميائية .

٢ — يؤثر وجود الخميرة في كميات كبيرة جداً من المواد المتفاعلة كما هي الحال في العوامل المساعدة . فمثلاً قد وجد أن الخميرة سكريز (Sucrase) تحول على الأقل مائتي ألف ضعف وزنها من محلول سكر القصب إلى سكر العنب وسكر الفواكه ، هذا فضلاً عن اعتبار عدم تمام نقاوة الخمائر المحضرة .

٣ — يمكن لبعض الخمائر أن تجري التفاعل الكيميائي في اتجاه وعكسه (reversibility of reaction) . فمثلاً تسرع الخميرة ليبيز (Lipase) التحليل المائي لبيوتيرات الايثيل (Ethyl butyrate) إلى حامض بيوتيريك (butyric) وكحول ، وكذلك يمكنها أن تسرع تكوين بيوتيرات الايثيل من حامض البيوتيريك والكحول . وتتوقف الجهة التي يحدث فيها التفاعل على الكميات الموجودة من المواد المتفاعلة . فمثلاً عند ما تضاف الخميرة ليبيز إلى بيوتيرات الايثيل يتحول إلى مركبيه ؛ وفي الوقت نفسه يجري اتحاد المركبين ثانية إلى بيوتيرات الايثيل ، غير أن سرعة التحليل تكون أولاً أكثر من سرعة الاتحاد ثم تقل سرعة التحليل تدريجياً نظراً لقلّة كميات بيوتيرات الايثيل الموجودة . بينما تزداد سرعة الاتحاد نظراً لزيادة كميتي حامض البيوتيريك والكحول ويستمر ذلك حتى نصل إلى توازن في التفاعل حيث تصبح كميات بيوتيرات الايثيل المحللة مساوية لكمية المركبات المتكونة في نفس الوقت .

وغالباً ما يتم عمل الخميرة في الحيوان في اتجاه واحد حتى النهاية ، وذلك لابتعاد نتائج التحليل عن دائرة التفاعل بطرق شتى ، كما تصاحبها في الدم كما هو الحال في حالة عمل الخمائر الموجودة في القناة الهضمية .

٤ — كلما زادت كمية الخميرة زادت سرعة التفاعلات الكيميائية ،
ولكن لا تؤثر كمية الخميرة في توازن التفاعل (Equilibrium of reaction).

ثانياً — **فواصل تختلف عن فواصل العوامل المساعدة الغير العضوية :**

١ — تأثير الحرارة : تتلف معظم الخمائر نهائياً إذا رفعت درجة حرارتها بين 70° و 100° مئوية . وليس لتبريد محاليلها إلى درجة التجمد تأثير دائم عليها ولو أن سرعة عملها تقل . هذا بخلاف الخمائر الموجودة في الحيوانات ذات الدم البارد فلها مقدرة كبيرة على العمل في درجات الحرارة المنخفضة . وللخمائر — بخلاف العوامل المساعدة الغير العضوية — درجة حرارة معينة عندها يكون للخمائر أقوى مقدرة على إتمام التفاعل ، وتسمى درجة الحرارة المثلى (optimum temperative) ، وتتراوح بين $35 - 45^{\circ}$ والسبب في ذلك عاملان متضادان : أولهما أزدیاد سرعة التفاعل بارتفاع درجة الحرارة ، والثاني هو إتلاف الخميرة بواسطة ارتفاع درجة الحرارة وهذا الإتلاف يبدأ في درجات حرارة منخفضة نوعاً ما ويزداد بسرعة مع زيادة الحرارة ، وبذا تصبح أحسن درجة حرارة لعمل الخميرة هي تلك التي يزداد فيها العامل الأول على العامل الثاني كثيراً .

٢ — تأثير درجة تركيز الايدروجين : تحتاج معظم الخمائر إلى درجة معينة من الحموضة أو القاعدية قبل أن تتمكن من أن تؤدي عملها على أحسن وجه . فمثلاً تحتاج خميرة . بيسين إلى وسط حمضي يعادل ٢.٠ ٪ حامض الكلوردریک . فاذا كان الوسط متعادلاً فقدت الخميرة مقدرتها على العمل .

٣ — التأثير النوعي للخمائر : للخمائر مقدرة كبيرة على اختيار المواد التي تؤثر فيها ، أي أن لكل خميرة فصيلة معينة من المواد يمكنها أن تؤثر فيها دون غيرها . فمثلاً وجد أن الخميرة التي تحلل الدهن لا تؤثر بتاتا في مائيات الكربون . مع أن كلا من الدهن ومائيات الكربون يمكن تحليلها باستعمال

الاحماض المخففة . وقد يصل تخصص الخمائر إلى أبعد من ذلك فمثلا الخميرة سكريز الموجودة بالعصير المعوى تحلل سكر القصب إلى جزىء من سكر العنب وآخر من سكر الفواكه ، فى حين لا يمكنها التأثير فى سكر الشعير (maltose) أو سكر اللبن (Lactose) مع أن لسكر القصب وسكر الشعير وسكر اللبن نفس الرمز التكويني الكيمياءى وهو $C_{12}H_{22}O_{11}$ وبالمثل تؤثر خميرة مالتيز (Maltase) فى سكر الشعير فقط ، وخميرة لاكتيز (Lactase) فى سكر اللبن فقط .

٤ — مساعدات الخمائر (Co-Enzymes) : تحتاج معظم الخمائر — أو الخمائر كلها إلى وجود مواد أخرى عضوية وغير عضوية ليمكنها أن تؤدي عملها على الوجه الأكمل . وفى كثير من الأحوال تكون وظيفة المساعد غير معروفة تماما ، وكل ما يعرف عنه أن وجوده أساس لعمل الخميرة . فمثلا يحتاج أميليز البنكرياس أو اللعاب إلى وجود كميات ضئيلة جداً من أيونات الكلورين . فاذا وضعنا عصير البنكرياس فى مفرق ككيس غروى (Collodion Sac) أو غشاء حيوانى نفذت منه الأيونات والجزئيات الصغيرة مثل كلورور الصوديوم ، وبقي به الجزئيات الكبيرة كجزىء الخميرة . وبهذه الطريقة يمكن فصل الأميليز من كل أيونات الكلورين . وعند ذلك تفقد الخميرة عملها إلا إذا أضيف إليها قليل من كلورور الصوديوم الذى يكسبها المقدرة على العمل مرة أخرى ويمكن اعتبار تأثير أيونات الايدروجين السابق ذكره ضمن مساعدات الخمائر . هذا ويمكن فى بعض الأحوال تفسير كيفية عمل مساعد الخميرة فمثلا تساعد أملاح الصفراء خميرة ليبيز البنكرياس بأنها تقلل الجذب السطحي للدهن . وبذلك تفرقه أو تجزئه إلى فقائيع تكون منه مستحلباً فى الوسط القاعدى فيزيد سطح الدهن المعرض لعمل الخميرة .

تخصير خمائر نقيه : قد أمكن تحضير خمائر على شكل بلورات . وقد أعيد التبلور لم يحدث أى نقص فى قوة معقولها بل زادت فى بعض الأحيان .

ومن الخمائر التي أمكن تبلورها الخميرة يوريز (urease) التي تحلل البوليئنا إلى نشادر وثاني أكسيد الكربون ، وكذلك أمكن تبلور الخمائر بيسين وتربسين وأميليز البنكرياس .

وقد دل تحضير الخمائر في حالة بلورية أو نقية جداً على فصائلها الكيماوية فمثلا خميرة البيسين (pepsin) عبارة عن البيومين (albumin) وخميرة يوريز ولييز عبارة عن جلوبيولين (globulin) . وأميليز البنكرياس بروتين نوعه غير معروف بالضبط . ورينين (Rennin) عبارة عن ثيوبروتوز (Thioprotease)

مولدات الخمائر (Zymogen) . كثيراً ما توجد الخميرة في الخلايا التي تفرزها بحالة غير فعالة . فمثلا تفرز خلايا البنكرياس خميرة التربسين على شكل غير فعال لا يمكنه أن يؤثر في البروتين ويسمى مولد التربسين (Trypsinogen) . وتحتاج الزيوجينات — أي مولدات الخمائر — إلى معاملة خاصة حتى تصبح فعالة ، فيتحول مثلاً مولد التربسين إلى التربسين الفعال بوساطة إنتروكينيز (Enterokinase) العصير المعوي أو بوساطة أيونات الكالسيوم .

كيفية عمل الخمائر : ربما تتبع الخمائر في عملها إحدى طريقتين : إما طريق الادمصاص (adsorption) ، وإما تكون مركب كيميائي متوسط خلال التفاعل . وحتى عند إعتبار الطريقة الأولى فالمعتقد . هو أن الادمصاص يتخلله تفاعلات كيميائية وطبيعية . أي أنه في الغالب تعمل الخمائر بوساطة طرق كيميائية وطبيعية . ولما كانت الخمائر مواد جزئياتها كبيرة أصبح لها خواص المواد ذات الادمصاص . وبما لاشك فيه أن للخمائر دخلاً في التفاعل البكيميائي ، ويبدو كأنها تتحد مع المواد التي تؤثر فيها اتحاداً كيميائياً مكونة مركباً غير ثابت يتكسر إلى أجد نواتج تحليل المادة المؤثر فيها وإلى مركب آخر مكون من الخميرة ونواتج ثان لهذا التحليل .

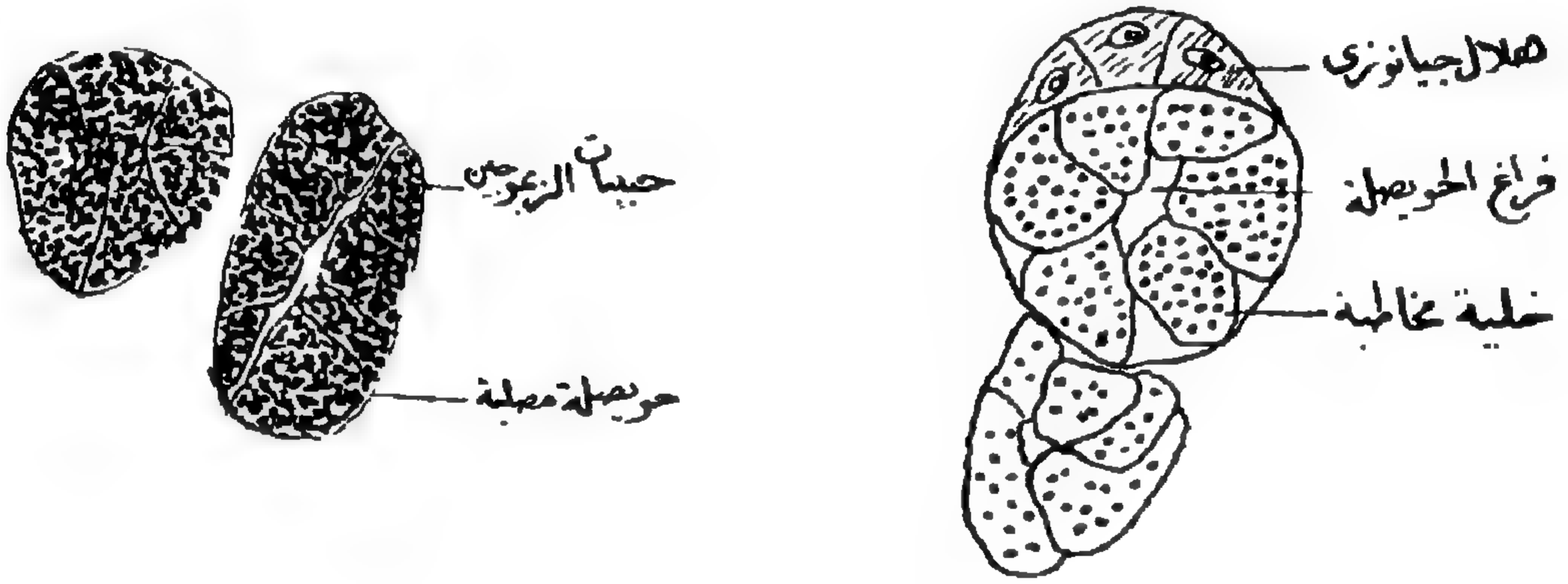
وهذا يتكسر بعد ذلك إلى الخميرة والناجى الثانى ببعض الصعوبة .
ولما كانت الخميرة المتحدة تصبح غير فعالة أمكن تعليل الفقد الظاهرى
للخماثر خلال التفاعل بوساطة هذه النظرية .
نفرض أن الخميرة خ تؤثر فى المادة ا ب فيمكن تمثيل خطوات هذه
النظرية كالآتى :



مضادات الخماثر (Anti-Enzymes) : تتكون جدران المعدة والأمعاء
من مواد بروتينية ؛ ومع ذلك لا تؤثر فيها الخماثر التى تهضم البروتين الموجودة
بها . وكذلك توجد ديدان طفيلية كثيرة بالقناة الهضمية تعيش وسط هذه
الخماثر . والمظنون أن بجدار القناة الهضمية وبأنسجة هذه الديدان الطفيلية
مواد لها خواص تمنع عمل الخميرة ، وتسمى هذه المواد بمضادات الخماثر —
ولو أن ذلك ليس مؤكداً .

الهضم في الفم

يمتزج الطعام في الفم باللعاب . وهو مزيج من افراز ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية ، وهي الغدد تحت الفك (Submaxillary) وتحت اللسان (Sublingual) والغدة النكفية (Parotid) ويوجد بالغشاء المخاطي للفم عدد كبير من الغدد المخاطية الصغيرة . وتتركب الغدد اللعابية من عيون (Alveoli) مكونة من خلايا على شكل الوتد تفتح في قناة مركزية (شكل ١٦) . وهناك نوعان



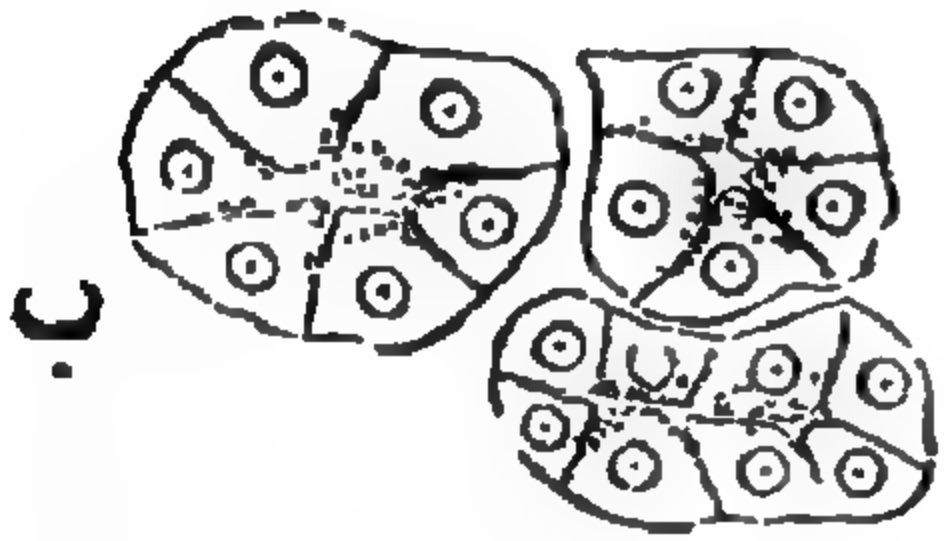
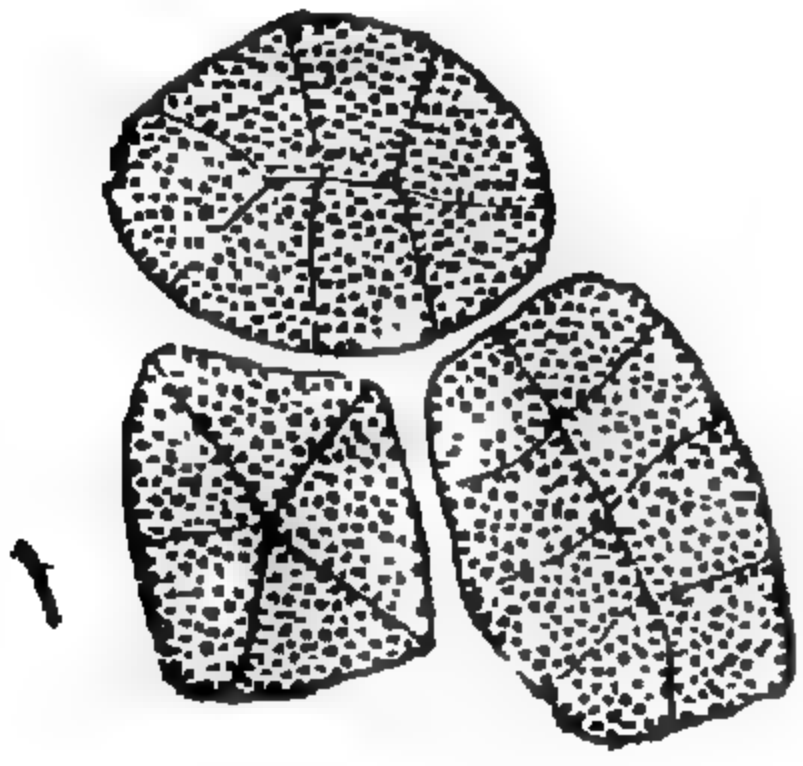
(شكل ١٦)

من العيون : عيون مصلية (Serous) ، وعيون مخاطية (mucous) . وتتكون العيون المصلية من خلايا بها حبوب صغيرة كثيرة قد تخفى النواة . وتولد هذه الحبوب الأميليز اللعابي ، وإفراز هذه العيون مائي . وأما العيون المخاطية فتتكون من خلايا بها حبوب كبيرة ؛ وتولد هذه الحبوب المخاطين . وإذا أفرزت الغدد قلت الحبوب في الخلايا وبقيت بقرب القناة المتوسطة فقط . ويبين شكل ١٧ تأثير الإفراز في كمية الحبوب الموجودة بالخلايا . وقد يوجد بطرف العيون المخاطية بعض الخلايا المصلية مرتبة على شكل هلال .

وتسمى أهلة جيانوزى (Crescents of Gianuzzi) وتتكون الغدة النكفية في الانسان من عيون مصلية . ويوجد النوعان من العيون في الغدة تحت الفك والغدة تحت اللسان ، ولكن معظم عيون الأخيرة من النوع المخاطى .

أعصاب الغدد اللعابية

يؤثر في أعضاء الجسم الداخلية — حركات وإفرازات القناة الهضمية والغدد الهضمية والقلب وغير ذلك من الأفعال الغير الارادية — ألياف



(شكل ١٧) عن ستارلينج
أ قبل الإفراز ب بعد الإفراز

عصبية من الجهاز العصبي الغير الارادى ولا تمر الأعصاب الغير الارادية التي تؤثر في الأعضاء الداخلية مباشرة إلى الأعضاء التي تؤثر فيها بل تنتهي في إحدى العقد العصبية الموجودة خارج المخ والنخاع الشوكي ، ثم تحمل الاشارات العصبية بواسطة خلية عصبية أخرى تخرج أليافها من هذه العقد أى أن كل ليف عصبية غير إرادية لها محطة عصبية قبل أن تصل إلى الخلايا التي تهيمن عليها (أنظر باب الجهاز العصبي الغير الارادى بالجزء الثالث) .

وتجهز الغدد اللعابية بألياف عصبية پاراسمباثوية (Parasympathetic) وألياف سمبـاثوية (sympathetic) وتخرج الألياف الباراسمباثوية للغدتين تحت الفك وتحت اللسان من المركز اللعابى الأعلى (superior salivatory nucleus) الموجود في النخاع المستطيل بقرب نواة العصب الوجهى (facial) . وتخرج هذه الألياف من المخ مع العصب السابع ثم تتركه مكونة عصب الحبل الطبل (chorda tympani) الذى يتحد قرب الغدتين تحت الفك وتحت اللسان ثم تخرج الألياف إلى الفم مع العصب ،

اللساني . وتوجد محطة الألياف التي تؤثر في الغدة تحت اللسان في العقدة التي تسمى خطأ بالعقدة تحت الفك (Submaxillary) . وأما محطة الألياف التي تذهب إلى الغدة تحت الفك فتوجد في سرة الغدة نفسها .

والألياف العصبية الباراسمباثوية التي تؤثر في الغدة النكفية تبتدىء من المركز اللعابي الأسفل (Inferior-Salivatory Nucleus) . في النخاع المستطيل ، وتخرج من المنخ مع عصب اللسان البلعومي (Glossopharyngeal) ؛ وتوجد محطاتها في العقدة العصبية الأذنية (Otic Ganglion) .

أما الأعصاب السمباثوية للغدد اللعابية فتخرج من القطعتين الأولى والثانية من الجزء الصدري للنخاع الشوكي ؛ وتوجد محطاتها في العقدة السمباثوية العنقية العليا (Superior Cervical Sympathetic Ganglion) .

تأثير تنبيه الأعصاب اللعابية

إذا نبه عصب الحبل الطويل أو عصب اللسان البلعومي في حيوان أفرزت الغدتان تحت الفك وتحت اللسان في الحالة الأولى أو الغدة النكفية في الحالة الثانية إفرازاً مائياً كثيراً به قليل من الأجسام الصلبة ، وفي الوقت نفسه تتسع شرايين هذه الغدد كثيراً فيزيد مرور الدم بها . وقد تكون كمية الدم التي تمر بالغدة بعد التنبيه عشرة أضعاف الكمية التي تمر وقت راحة الغدة . وعلى ذلك قد يخرج الدم من الغدة في الوريد دون أن يفقد كثيراً مما به من الأوكسجين ، فيكون لونه أحمر قانئاً ، وقد ينبض الدم الوريدي . وكان هناك نظريتان لشرح كيفية الإفراز : فالنظرية الأولى كانت تقرر أن الإفراز ينشأ أو يتسبب من زيادة مرور الدم في الغدة وزيادة الرشح من الشعريات الدموية وأما النظرية الثانية فتقرر أن الإفراز قوة حيوية تقوم بها الخلايا اللعابية ولا تسبب من الرشح الناشئ من كثرة الدم الذي يمر بالغدة ، وهناك أدلة كثيرة على أن النظرية الثانية هي الصحيحة ، ونقدم منها ما يأتي :

أولاً — تزيد كمية الأوكسيجين التي تستعملها الغدة وقت الإفراز كثيراً مما يدل على أن الخلايا تؤكسد مواد غذائية لتحصل على الطاقة اللازمة لعملية إفراز اللعاب من الدم .

ثانياً — أدخل لودفيج (Ludwig) قسطرة رفيعة في قناة الغدة تحت الفك ، ووصل هذه القسطرة بمانومتر لقياس ضغط الإفراز ، ووجد أنه عند تنبيه عصب الحبل الطلي يعلو الضغط في قناة الغدة ويزيد عن ضغط الدم في الشرايين في الحيوان نفسه ؛ وهذا يثبت أن قوة الإفراز أعلى من القوة التي يمكن أن تنشأ من ضغط الدم الشرياني — ولذلك لا يمكن أن تكون مسببة منها .

ثالثاً — إذا حقنا محلولاً من الأترويين في الغدة ونبه عصب الحبل الطلي لا تفرز الغدة إذ أن مادة الأترويين تشلّ نهايات الألياف المفرزة الباراسمباثوية ، ولكن تبقى زيادة مرور الدم في الغدة بعد الأترويين ، وعلى ذلك يستنتج أن زيادة مرور الدم وحدها لا تسبب الإفراز .

رابعاً — وجد أنه عند تنبيه عصب الحبل الطلي يقل حجم الغدة أولاً ثم يزداد بعد ذلك ، وسبب قلة الحجم هو خروج الإفراز من الغدة ؛ وسبب الزيادة التي تتلو ذلك هو اتساع الشرايين والشعريات الموجودة بالغدة . ويفسر ذلك بأن الإفراز يسبق زيادة مرور الدم — وعلى ذلك لا يمكن أن يكون مسبباً منه .

وإذا نهت الأعصاب السمباثوية أفرزت الغدتان تحت الفك وتحت اللسان إفرازاً قليلاً جداً — نقطة أو نقطتين — ولكنه سميك للغاية ، وبه كثير من المواد الصلبة والمخاطية . وأما الغدة النكفية فلا تفرز شيئاً عند تنبيه الأعصاب السمباثوية ولكن تحتقن من الخلايا الحبوب الموجودة في البروتوبلازم مما يدل على أن التنبيه لم يكن بلا نتيجة . هذا وعند تنبيه الأعصاب السمباثوية تنقبض الشرايين فيقل الدم الذي يمر بالغدد .

كيفية إفراز اللعاب

أمكن دراسة إفراز اللعاب في الحيوانات بسهولة بتغيير مجرى قناة الغدة النكفية وجعلها تفتح خارج الفم عند الخد ، وجمع اللعاب الذي يفرز بالغدة في الظروف المختلفة . وقد وجد أن الغدد اللعابية لا تفرز باستمرار ولكن يحدث الافراز نتيجة لفعل شرطي أو لفعل منعكس . فالفعل الشرطي هو الذي يعتمد في حدوثه على القشرة السنجابية للمخ (Cerebral Cortex) والذي يحدث بعد تمرين الحيوان أو الانسان عليه ؛ وأما الفعل المنعكس فلا يعتمد على المخ بأي حال من الأحوال ولكنه يعتمد على المراكز العصبية الموجودة في النخاع المستطيل . ومن أمثلة الافراز الشرطي الافراز الذي ينتج من رؤية الطعام أو من شم رائحته أو من ضرب جرس يدل على ميعاد الأكل دون تناوله . ولا يحدث ذلك إلا بعد التمرين . فمثلاً إذا دق جرس مخصوص ثم أعطى كلب طعاماً ، وكررت هذه العملية عدة مرات بالترتيب نفسه — أي يدق الجرس ثم يعطى الكلب الطعام — نجد أن بعد تكرارها يسبب دق الجرس وحده ، دون إعطاء الطعام ، إفرازاً كثيراً من اللعاب .

وأما الفعل المنعكس فينشأ عن وجود الطعام أو أي مواد أخرى بالفم ويكفي تحريك اللسان بالفم لحدوث الافراز . وينبه الطعام نهايات أعصاب حساسة موجودة بالفم منها أعضاء الذوق الحساسة . وتتم الاشارات العصبية التي تحمل حساسة الذوق في عصب الحبل الطويل من الثلثين الأماميين للسان وفي عصب اللسان البلعومي من الثلث الخلفي . وأما الاشارات التي تتولد من تنبيه الفم الميكانيكي فتتمر في العصب اللساني وتذهب هذه الاشارات إلى المراكز العصبية الموجودة في النخاع المستطيل ومنها تمر اشارات في الأعصاب الباراسمباثوية المفرزة . وقد وجد بافلوف (Pavlov) أن كمية الافراز ونوعه يتوقفان كثيراً على نوع المؤثر الذي أدى إلى الافراز . فمثلاً

إذا وضعت حصاة كبيرة في فم الكلب بصقها ولم تؤد إلى أى إفراز ؛ وأما إذا طحنت هذه الحصاة ثم أدخلت في الفم على شكل مسحوق أدت إلى إفراز مائى كثير ينظف الفم من المسحوق . وإذا أعطى الكلب لحما فانه يبلعه بسرعة دون مضغه وكل ما يلزمه هو أن يكسبه لزوجة لتسهيل عملية البلع . وقد وجد أن الافراز الذى ينتج من أكل اللحم قليل ولكن به كثير من المخاطين . وأما إذا جفف اللحم وأعطي على شكل مسحوق أو إذا أعطى الحيوان كعكا جافا ، كان إفراز اللعاب كثيراً ومائياً وبه قليل من المخاطين . وإذا وضع بالفم حمض أدى إلى إفراز مائى كثير به كمية من البروتين . فيخفف الماء الحمض ويعادل البروتين بعضاً منه — وبذا يقل تأثيره في الغشاء المخاطى .

التركيب الكيميائى لللعاب

يفرز الانسان من ١٢٠٠ — ١٥٠٠ سم^٣ من اللعاب يومياً ؛ واللعاب سائل لا لون له . معتم ولزج . وكشافته من ١٠٠٢ — ١٠٠٨ ؛ وتفاعله يميل قليلا إلى الحموضة ؛ الأس الادرىجى (P.H.) (من ٦,٣٥ إلى ٦,٨٥) ولا سيما إذا جمع اللعاب دون أن يعرض للهواء حتى لا يفقد ما به من ثانى أكسيد الكربون ويصير قاعدياً ويحتوى اللعاب على ٩٩,٥ ٪ ماء و ٠,٥ ٪ مواد صلبة تنقسم إلى : —

أولاً — أسرار غير عضوية :

كلورور الصوديوم والبوتاسيوم ؛ وهى تساعد عمل الخميرة أميليز اللعاب . إذ لو فصلنا أميليز اللعاب من هذه الأملاح بوساطة مفرق غروى لفقدت الخميرة قدرتها على هضم النشاء ؛ ولا يمكن أن تستردها إلا إذا أضيف قليل من هذه الأملاح إليها .

بيكربونات الصوديوم وأول وثانى فوسفات الصوديوم وبيكربونات

الكالسيوم وفوسفات الكالسيوم ؛ وهي مواد حافظة لتفاعل اللعاب (Buffers) . وإذا خرج من اللعاب ثاني أكسيد الكربون للجو وصار تفاعل اللعاب قاعدياً رسبت كربونات وفوسفات الكالسيوم وكونت طبقة من الجير بين اللثة والأسنان تنمو تحتها الجراثيم إذا أهمل تنظيف الفم وينشا عن ذلك تقيح اللثة .

كبريتوسيانات البوتاسيوم ؛ وتكون في الجسم من السيانورات التي تنشأ من التمثيل الغذائي للبروتين ، وبهذا التكوين يقل ضررها .

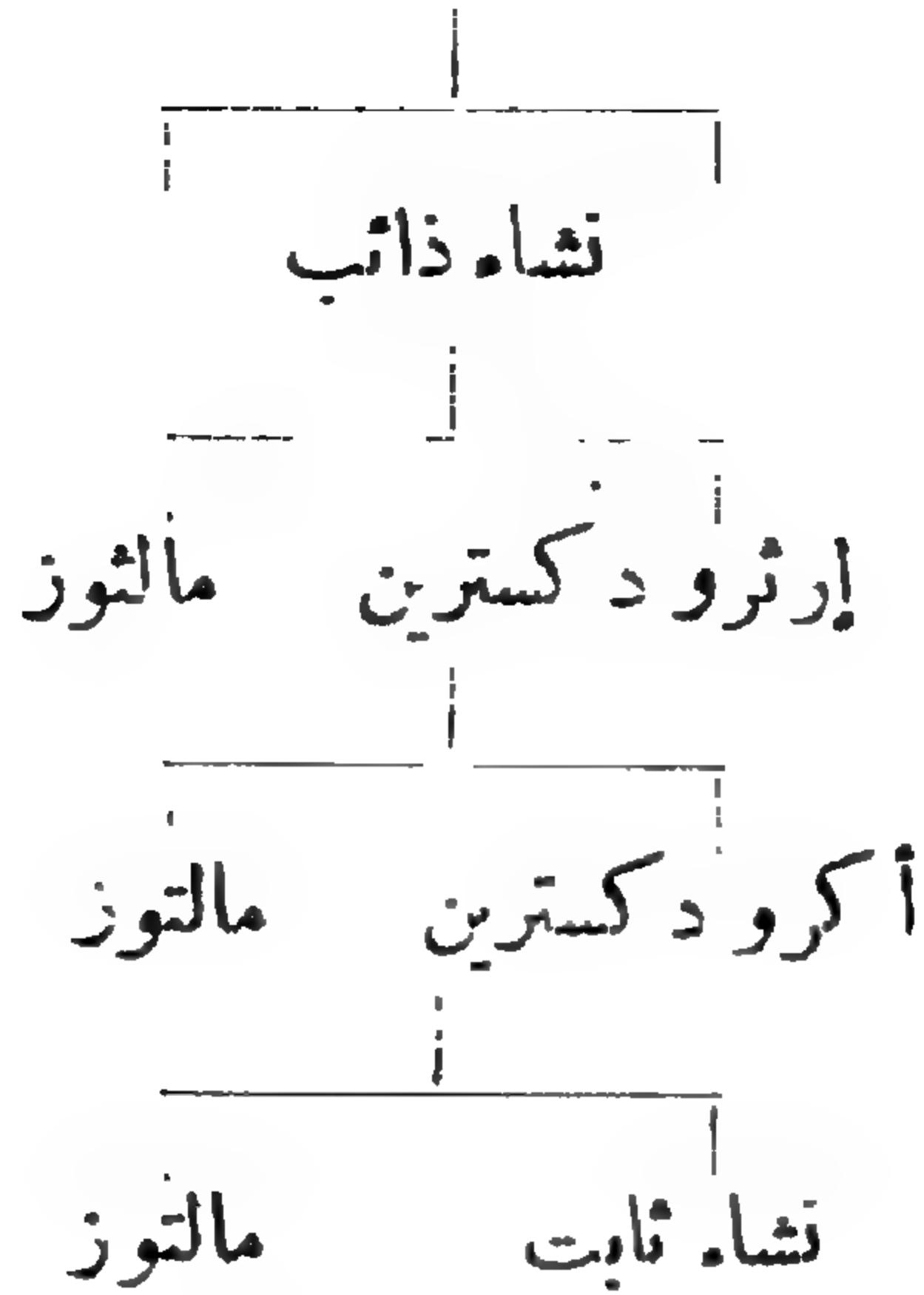
ثانياً - مواد عضوية :

خميرة تيا لين (Ptyalin) أو أميليز اللعاب وخميرة مالتيز ومخاطين والبيومين وجلوبيولين السيرم وبولينا .

وظائف اللعاب

اولاً - تهضم الخميرة أميليز النشاء المطبوخ وتحلله مائياً إلى نشاء يذوب في الماء . ثم إلى نشاء يعطى لوناً أحمر مع اليود (Erythrodextrin) ومالتوز ثم إلى نشاء لا يعطى لوناً مع اليود (Achroodesctrin) ومالتوز ، ثم إلى نشاء ثابت لا يتأثر بأميليز اللعاب ومالتوز . ويكون النشاء الثابت نحو ٢٠ ٪ من النشاء الأصلي . وقد يتكون بعض سكر العنب من المالتوز بوساطة الخميرة ملتيز الموجودة باللعاب . ويمكن شرح عمل الخميرة بالجدول الآتي :

نشاء



ثانياً — يعطى اللعاب الطعام اللزوجة اللازمة لعملية البلع

ثالثاً — لا يمكن للمواد الصلبة التي قد تؤخذ في الطعام أن تؤثر في أعضاء الذوق الحساسة إلا إذا أذيت في اللعاب .

رابعاً — ينظف اللعاب الفم من بقايا الطعام ومن الخلايا السطحية التي تنفصل من الغشاء المخاطي . وبذا يمنع نمو الجراثيم في الفم . ففي الحيات يقل إفراز اللعاب فتتراكم فضلات الطعام والخلايا المنفصلة وتكون غشاء أبيض على اللسان وفي الفم يتعفن وتنمو به الجراثيم ويسبب رائحة كريهة . خامساً — يرطب الفم ويسهل عملية الكلام . وكثيراً ما يستعوض عنه الخطباء الذين يقل إفراز اللعاب عندهم بتناول قليل من الماء .

سادساً — يخرج الجسم في اللعاب بعض المواد — كالزئبق واليود والرصاص — إذا أخذت للعلاج مثلاً . وقد تفرز هذه المواد بكميات كبيرة بحيث تسبب التهاباً بالفم ، وقد يتكون من الرصاص كبريتور الرصاص الذي يلون ما بين اللثة والأسنان بخط أزرق — وفي هذه الحالة ينشأ الكبريت من المواد العضوية البروتينية الموجودة بالفم . وكذلك تفرز باللعاب بعض

المواد العضوية ، وتزداد كمية البولينا به عند التهاب الكلى ، وكمية سكر العنب في مرض البول السكرى ، هذا وتفرز بعض الجراثيم — كمكروب داء الكلب ومكروب مرض شلل الأطفال — في اللعاب وعليه قد تسبب نقل العدوى من إنسان إلى آخر بوساطته .

سابعاً — تنظيم كمية الماء بالجسم : إذا قلت كمية الماء بالجسم نتيجة لكثرة العرق أو الاسهال أو إفراز البول ، قل إفراز اللعاب ، وجف الحلق ، وتنبت نهايات الأعصاب الحساسة التي به فترسل إشارات إلى المخ تدعو إلى الاحساس بالظمأ ، فيتناول الإنسان الماء اللازم لارجاع كميته بالدم والأنسجة إلى الحالة الطبيعية .

ثامناً — بفضل ما يحتويه اللعاب من المخاطين يقي اللعاب الغشاء المخاطي من فعل السخونة والبرودة والأحماض وغيرها .

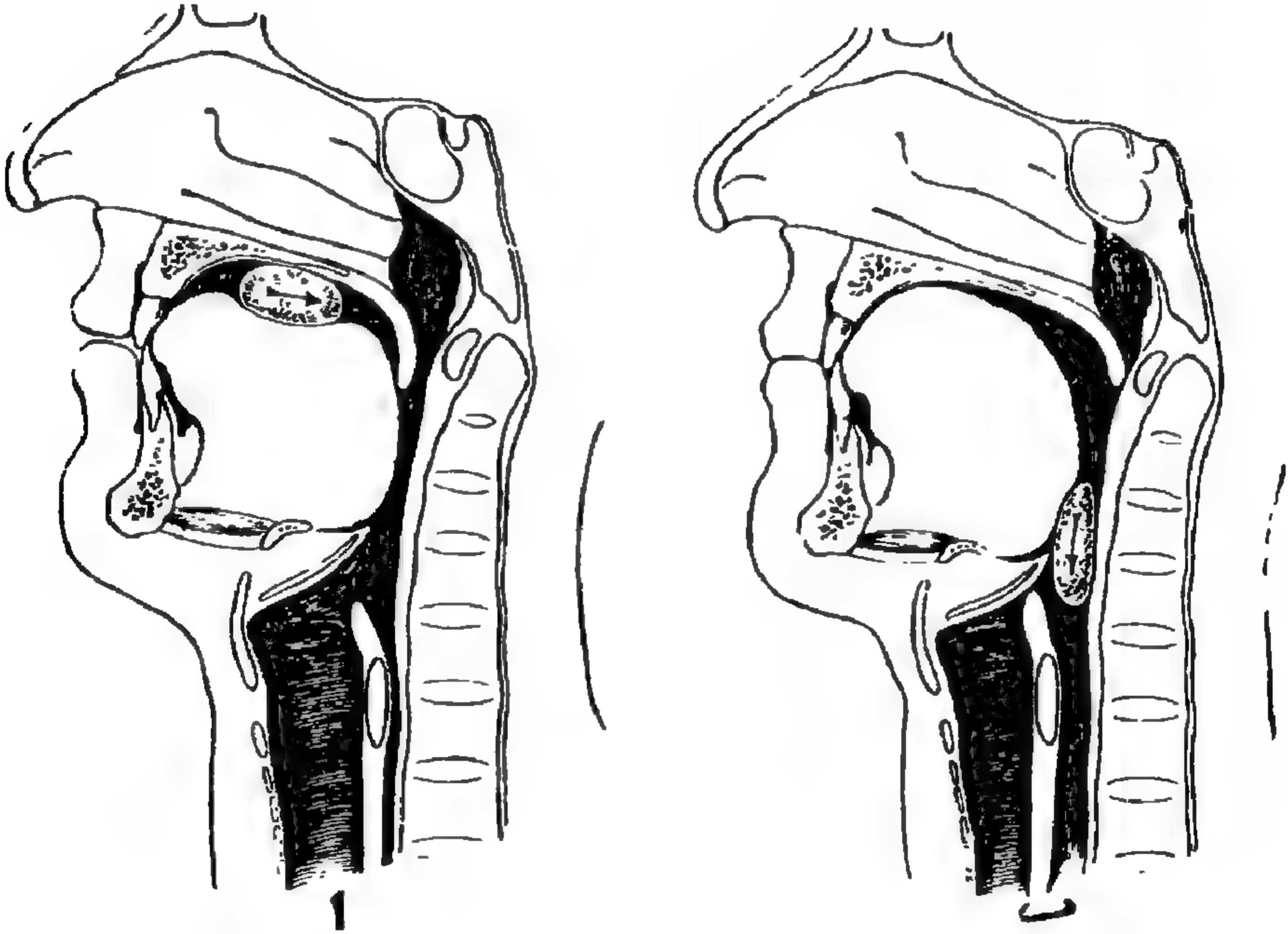
٤. البلع

البلع هو العملية التي يتم بها مرور البلعة الغذائية من الفم إلى المعدة ، ويتم ذلك بوساطة انقباضات منتظمة تقوم بها عضلات اللسان والبلعوم والمرى . ويمكن دراسة عملية البلع بوساطة أشعة رونتجن ، وذلك بأن تعطى شخصاً طعاماً مخلوطاً به كبريتات الباريوم ، وهي غير شفافة للأشعة ، فإذا كان الطعام سائلاً كاللبن مر بسرعة في المرى . حتى يصل إلى فتحة المعدة الفؤادية (cardiac sphincter) ثم يمر ببطء في مجرى ضيق إلى المعدة . ومتوسط الوقت الذي يأخذه الطعام السائل في عملية البلع ، حتى تصل البلعة بأكملها نحو ست ثوان . وأما إذا كان الطعام جافاً فإنه يأخذ وقتاً طويلاً — قد يصل ربع ساعة — كي يصل إلى المعدة ، ولو أن الشخص لا يشعر بوجوده في المرى في هذه المدة ، وهذا ما يحدث إذا بلعنا برشامة جافة مثلاً ، ولكن

لو نديت البرشامة بالماء أو باللعب كما هي العادة لمرت إلى المعدة بأسرع من ذلك كثيراً .

تنقسم عملية البلع إلى ثلاثة أقسام : فالأول هو مرور البلعة من برزخ الحلق ، والثاني اجتيازها للبلعوم فوق الفتحة العليا للحنجرة وتحت مؤخر الحفرة الأنفية ؛ والثالث مرورها في المريء إلى المعدة . وتتبع هذه الأقسام بعضها في عملية البلع بدون توقف بين أى منها . وإذا بدئت عملية البلع استمرت رغم إرادتنا حتى النهاية .

بعد مضغ الطعام يجمع على شكل بلعة فوق اللسان (شكل ١١٨) ثم



(عن بينبرج)

(شكل ١٨)

يرفع اللسان ويقذف البلعة من برزخ الحلق وبذا يتم القسم الأول من عملية البلع . وهذا القسم إرادى بعكس القسمين الأخيرين اللذين ينتجان من أفعال منعكسة غير إرادية . وبينما تمر البلعة في البلعوم تكون في مجرى مشترك للطعام وللhواء ولذلك يتم القسم الثانى بسرعة ويكون مصحوبا بأقفال فتحتى المجارى الهوائية في البلعوم ، فيرتفع الحنك الرخو (soft palate) ، ويقفل الحفرة الأنفية ، ويكون سداً بين خلف الأنف والبلعوم . وكذلك

تقفل فتحة الحنجرة بواسطة انقباض عضلاتها وارتفاع فتحة الحنجرة إلى أعلى والأمام واختبائها خلف قاعدة اللسان (شكل ١٨ ب) ويصحب إقفال المجارى الهوائية منع جميع حركات التنفس وكذلك يرتخى الجزء الأول من المريء ليستقبل البلعة الغذائية ويتم كل ذلك بواسطة أفعال منعكسة وبذا يمنع مرور الطعام في المجارى الهوائية . ويتم الجزء الثالث بواسطة انقباض عضلات المريء انقباضاً دودياً (Peristaltic)

ويوجد المركز العصبي لعملية البلع في النخاع المستطيل وتحدث عملية البلع بانتظام تام في حيوان استئصل منه المخ . (cerebral hemispheres) إذا ما وضع الطعام في الفم . وتتم الاشارات الواردة في الأعصاب المخية الخامسة والتاسعة والعاشرة إلى المركز العصبي . وأما الاشارات الصادرة فتعبر في العصب المخي الثاني عشر إلى عضلات اللسان وفي الأعصاب المخية الخامسة والتاسعة والعاشرة والحادية عشرة إلى عضلات الحلق والبلعوم والمريء .

الباب السادس

الهضم في المعدة

المعدة عضو عضلي مجوف ، تغلفه طبقة خارجية من البريتون ، ويبطنه غشاء مخاطي من الداخل . وللمعدة فتحتان : إحداهما إلى اليسار تميل قليلا للخلف ، وتسمى فتحة الفؤاد وتصلها بالمرى ، والآخرى جهة اليمين ، واسمها فتحة البواب ، وتصلها بأول الاثني عشر . وحول هذه الفتحة ألياف عضلية متينة تسمى بالعضلة البوابية العاصرة وتنقسم المعدة (شكل ١٥) الى ثلاثة أجزاء ، وهي : القاع ، وهو الجزء المنتفخ الذي يعلو فتحة الفؤاد وعندما يكون الانسان واقفاً ، والجسم ، وهو الجزء المنتفخ الذي يليه والذي يتراكم فيه الطعام بعد تناوله ، ثم البواب ، وهو الجزء الذي يلي الجسم ويفتح في الاثني عشر ويوجد بين الجسم والبواب حز مستعرض يبدأ من انحناء المعدة العلوى ويحتوى الغشاء المخاطي للمعدة على عدد كبير من الغدد الأسطوانية تفتح كل منها بقاع حفرة صغيرة . وتختلف غدد القاع والجسم عن غدد البواب ويوجد في غدد قاع المعدة وجسمها ثلاثة أنواع من الخلايا .

(١) خلايا مخاطية توجد عند فتحة الغدة ، وتفرز هذه الخلايا المخاطين .
(٢) خلايا بيسينية توجد بالغدة نفسها ، بها حبوب تتحول إلى البيسين عند عملية الافراز .

(٣) خلايا حامضية لا تكون طبقة مستمرة بل توجد بين الخلايا البيسينية والغشاء القاعى .

وتتصل هذه الخلايا بتجويف الغدد بواسطة مجارى رفيعة تمر بين الخلايا البيسينية . وتفرز هذه الخلايا الحامضية حامض الكلورودريك .

وأما الغدد الموجودة في البواب وعند الفتحة الفؤادية فهي متعرجة ولا تحوى خلايا ييسينية أو حامضية ، وليس بها إلا خلايا مخاطية .

العصير المعـدى

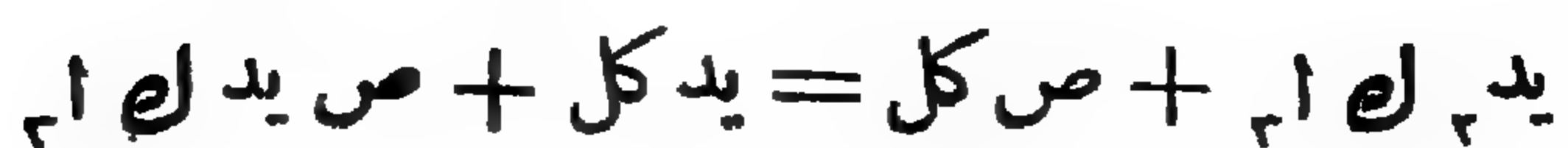
يمكن الحصول على عصير معدى نقي وخال من الطعام كما سنرى فيما بعد وكثافة هذا العصير من ١٠٠٦ — ١٠٠٧ : وبه ٠,٤٪ إلى ٠,٥٪ حامض كلوردريك وأسه الايدروجين ٠,٩ — ١,٥ ؛ وبه عناصر غير عضوية أخرى كالتى توجد في البلازما ، ونحو ٠,٤٥٪ مواد عضوية وهى مخاطين وبيسين (pepsin) ورنين (Rennin) أو منفحين وليپيز معدى (gastric lipase)

حامض الكلوردريك : قد كان يظن أولاً أن الخلايا الحامضية تفرز كلورورالأمونيا ثم يمتص الأمونيا وتبقى حامض الكلوردريك فى العصير المعدى ولكن وجد ايشى (Ivy) أن تفاعل الخلايا الحامضة وقت الإفراز يميل كثيراً إلى الحموضة ، مما يدل على أن حامض الكلوردريك يتكون بداخل الخلايا وليس فى القنوات .

ويشتق حامض الكلوردريك من كلورورالصوديوم الموجود فى الدم ويثبت ذلك ما يأتى :

١ — عند اطعام الحيوانات ، كالكلاب طعاماً خالياً من الكلورورات عدة أسابيع يقف إفراز حامض الكلوردريك فى العصير المعدى .

٢ — إذا فقد العصير المعدى من الجسم باستمرار بوساطة ناصور صناعى يعمل بالمعدة أدى ذلك إلى نقص كبير فى الكلورورات الموجودة بالدم . وربما مثلت المعادلة الآتية التفاعل الذى يكون حامض الكلوردريك ولو أنه قد تكون هناك خطوات متوسطة أكثر تعقيداً .



ورُشِبَتَ ذَٰلِكَ مَا يَأْتِي :

أولاً — إذا زدنا عملية التنفس قل ثانياً أكسيد الكربون الموجود بالدم وقل حامض الكلورودريك من العصير المعدى ويحصل عكس ذلك إذا جعلنا الحيوان يتنفس مزيجاً من الهواء يحتوى على كمية كبيرة من ثانياً أكسيد الكربون ثانياً — وجد أن كمية حامض الكلورودريك بالعصير المعدى الناشئ من تنبيه العصب الرئوى المعدى يمكن إنقاصها كثيراً إذا قللنا كمية ثانياً أكسيد الكربون بالدم عن ٣٠ سنتيمتراً مكعباً فى كل ١٠٠ سم^٣ من الدم .

ثالثاً — ثبت حديثاً وجود خميرة كربونيك أنهيدريد (Carbonic anhydrase) في الغشاء المخاطي لجسم المعدة وهذه الخميرة تسرع اتحاد ثاني أكسيد الكربون مع الماء فتكون حامض الكربونيك ، وقد وجد أن هناك علاقة بين كمية الخميرة الموجودة وعدد الخلايا الحامضية مما يثبت وجود الخميرة في الخلايا الحامضية ومعنى ذلك تركيز حامض الكربونيك في الخلايا الحامضية مما يجعل تكوين حامض الكلوريدريك من كلوريد الصوديوم محتملاً.

وظائف مامنه الكلورودريك

(١) يحول هذا الحمض الخميرة ببسينوجين (pepsinogen) إلى خميرة الببسين الفعالة كما وأن وجود الحمض أساسى لعمل الخميرة الموجودة في إفراز المعدة التي لا تقوم بعملها إلا في وسط حامضى .

(٢) إذابة الأملاح الغير العضوية ، مثل كربونات الكالسيوم أو أملاح الحديد ، وبذا تجعلها سهلة الامتصاص . وقد وجد أن حالات كثيرة من فقر الدم يصحبها عدم وجود حامض الكلورودريك في إفراز المعدة .

(٣) قتل معظم الميكروبات التي قد تؤخذ مع الطعام .

(٤) تحليل مائى لبعض ثنائيات التسكر والدهن .

(•) یرسب کازینو جین اللبن .

(٦) إذا كانت محتويات المعدة حامضية زاد النشاط العضلي لفتحة الفؤاد وبقيت مقفلة ، وإذا كانت محتويات الاثنى عشر حامضية زاد النشاط العضلي لفتحة البواب وبقيت مقفلة — وهكذا ينظم الحامض عمل فتحتى المعدة

(٧) عند ما يترك الحمض المعدة يوتر في خلايا الغشاء المخاطى للأثنى عشر والأمعاء الدقيقة ، ويجعلها تفرز الهرمون سكرتين (Secretin) الذى يمر بالدم ، ويدعو إلى إفراز النكرياس والكبد .

وبالنسبة لأهمية هذا الحمض في وظيفة المعدة كان تمييز وجوده في إفرازها مرغوباً فيه لتشخيص كثير من الحالات المرضية ؛ ويستدل على وجوده في الإفراز المعدى بوساطة محاليل كيميائية تعطى لونا مع الأحماض القوية كحامض الكلوردريك ولكنها لا تتأثر بالأحماض الضعيفة كحامض اللبنيك الذى قد يتكون في المعدة من التعفن البكتيرى لمائيات الكربون أو كالأحماض الدهنية . وأكثر هذه المميزات استعمالاً هو محلول جنسبرج (Gunsberg) . فإذا وضعنا نقطة منه في جفنه ، وبخرناها حتى تجف ، ثم أضفنا إليها نقطة أخرى من العصير المعدى الذى يراد امتحانه ، وتركناها حتى تتبخر — نرى لونا أحمر فاتحاً في حالة وجود حامض الكلوردريك لا في حالة الأحماض الضعيفة الأخرى .

وظيفة الخميرة ببسين (Pepsin) : تهضم هذه الخميرة البروتينات وتحولها إلى بروتينوز فببتون ولا يمكنها أن تحلل البيتنونات الى جزيئات أصغر منها مهما سمح لها من الوقت . ويكون أقوى عمل للخميرة عند ما يكون الأس الايدروجينى ١,٥ ويقف عملها عند الأس الايدروجينى ٥ .

وظيفة الخميرة رنين (Rennin) : تفرز هذه الخميرة بوساطة الخلايا الرئيسية للغدد قاع المعدة وجسمها . وهى تؤثر على كازينوجين اللبن وتحوله إلى مادة

سائلة تشبه البروتينوز. وإلى باراكازين ذاتب (Paracasein) ثم يتحد الباراكازين مع أيونات الكالسيوم ويترسب باراكازينات الكالسيوم. ولتجنب اللبن في المعدة بهذه الخميرة فائدة مهمة إذ لو بقي سائلا لترك المعدة إلى الأمعاء الدقيقة بسرعة لا تسمح لهضمه بوساطة الخميرة بيسين.

وتختلف الخميرة رنين عن الخميرة بيسين في أنها تكثر في معدة الحيوانات الصغيرة حيث تقل الخميرة بيسين كما أن أقوى مفعول للخميرة رنين عند الأس الايدروجيني ٦ إلى ٦,٥ ولذلك فهي لا تعمل في معدة الكبار ولكنها تعمل في معدة الأطفال الراضعين حيث يكون الأس الايدروجيني لمحتويات المعدة من ٥ إلى ٦,٥.

وظيفة الخميرة ليبيز (Gastric lipase): تؤثر هذه الخميرة على الدهن وهي تختلف عن الخمائر المماثلة الموجودة في عصير البنكرياس والأمعاء الدقيقة في أن أقوى مفعول لها عند الأس الايدروجيني من ٤ إلى ٥ بينما لا تعمل تلك الخمائر إلا في وسط قاعدي ويقف عمل ليبيز المعدة عندما يكون الأس الايدروجيني ٢,٥ ويعنى ذلك أن هذه الخميرة عديمة الفائدة في معدة الكبار ولكنها قد تعمل في معدة الصغار الراضعين حيث يكون الأس الايدروجيني لمحتويات المعدة موافقا لعملها.

وظيفة المخاطين (Mucin): يغطي المخاطين الغشاء المخاطي للمعدة ويحميه من تأثير حامض الكلوردريلك وفضلا عن ذلك فللمخاطين مقدرة كبيرة على الاتحاد بالحامض وتقليل كمية الحامض المطلقة كما وأنه يقلل من افراز المعدة وبالنسبة لهذه الخواص المهمة استعمل المخاطين بنجاح في علاج قرح المعدة والاثني عشر.

إفراز العصير المعدى

تفرز المعدة باستمرار ولو أن إفرازها قليل عند عدم تناول الطعام ويتكون هذا الإفراز من البيسين ولكنه خال أو به قليل جداً من حامض الكلوردريك وعلى ذلك تحتوى المعدة دائماً على قليل من العصير المعدى مختلطاً بالمخاطين واللغاب ومحتويات الاثني عشر .

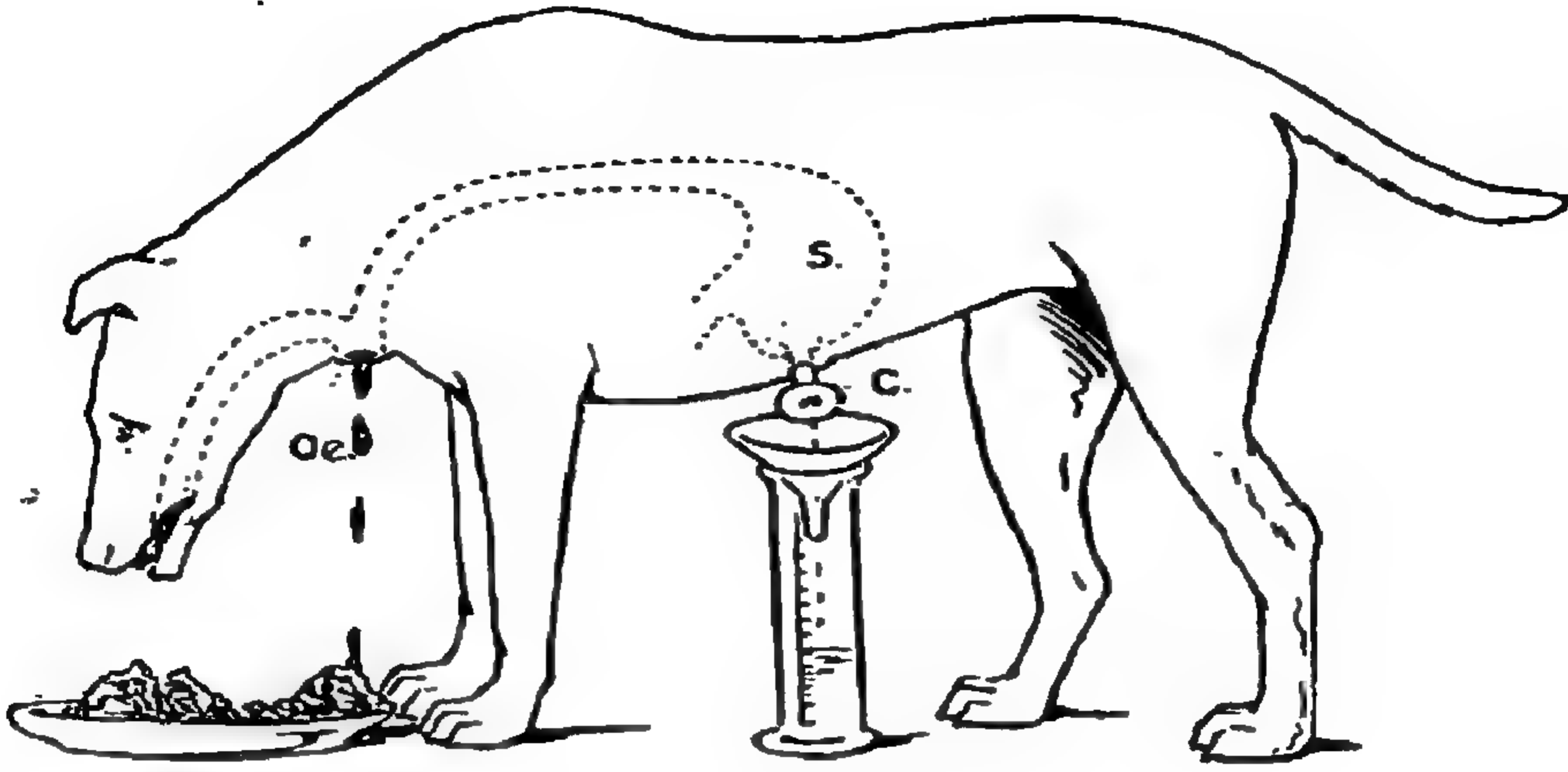
ويكثر إفراز المعدة في أقل من خمسة دقائق بعد تناول الطعام . ويستمر الإفراز عدة ساعات بعد الأكل وربما بلغ بعد أكلة جيدة نصف لتر أو أكثر . ويمكن الحصول على إفراز المعدة في الإنسان بإعطاء شخص بعض الثريد وجعله يبلع أنبوبة من المطاط تصل معدته بالخارج وتسحب بوساطتها بعض محتويات المعدة . وتستعمل هذه الطريقة في الأحوال المرضية للكشف عن مقدرة المعدة على العمل وعن نوع إفرازها . وليس العصير الذى يجمع بهذه الطريقة نقياً إذ يحتوى على طعام مهضوم . ولكن أمكن في بعض الأحوال جمع عصير نقى خال من الطعام فشلا في إحدى الحالات تعاطى شخص مادة قاعدية كاوية ألهمت المريء وتسببت في إقفاله وعملت له فتحة صناعية في المعدة ليتغذى منها وقد وجد أن مجرد وضع الطعام بالفم يؤدي إل إفراز المعدة ولو أنه لا يبلع ولا يصل إليها .

كيفية إفراز العصير المعدى (Mechanism of gastric secretion)

يمكن تقسيم الإفراز المعدى إلى ثلاثة مراحل وهى :

- ١ - الإفراز العصبي .
- ٢ - الإفراز الكيميائى الذى ينتج من وجود الطعام بالمعدة .
- ٣ - الإفراز الكيميائى الذى ينتج من وجود الطعام بالاثني عشر .
- ١ - الإفراز المعدى : أمكن دراسة هذه المرحلة من الإفراز المعدى

بوساطة التجارب الشهيرة التي قام بها العلامة الروسي بافلوف على الكلاب



(شكل ١٩) عن ستارلنج

فقد قطع بافلوف المريء (شكل ١٩) عند الرقبة ، وجعل فتحة العليا تفتح إلى الخارج وبذا يأكل الحيوان الطعام ولكنه لا يصل إلى معدته بل يسقط من فتحة المريء إلى الخارج ؛ ويسمى ذلك بالتغذية الكاذبة (Sham feeding) وكذلك عمل بافلوف في نفس الحيوان فتحة صناعية في معدته تفتح إلى الخارج يجمع منها إفراز المعدة ، فوجد أن هذه التغذية الكاذبة للحيوان تؤدي إلى إفراز كثير من المعدة . ويبتدىء الإفراز بعد مدة كامنة قصيرة — أقل من خمس دقائق . وقد تصل كمية العصير المعدى التي تجمع بهذه الطريقة إلى نصف لتر في ساعات قليلة وينتج هذا الإفراز عن فعل منعكس إذ يقف نهائياً إذا قطعت الأعصاب الرئوية المعدية التي تجهز المعدة ، أو إذا حقنت مادة الأتروبين في الحيوان ، إذ تشل هذه المادة عمل هذه الأعصاب . وليس لخواص الطعام الطبيعية أو الكيميائية أى تأثير في هذا الإفراز العصبي ، ولكن أهم شيء هو مذاق الطعام وحالة الحيوان : فإذا كان جائعاً كان الإفراز كثيراً . وليس من الضروري أن يعطى الطعام للحيوان كي يحصل هذا الإفراز العصبي ، إذ أن مجرد رؤية الطعام أو شم رائحته كاف لاستدراار إفراز المعدة ، نتيجة لفعل شرطى . وهذا الإفراز الشرطى في غاية الأهمية ،

إذ أنه إذا وضع الطعام مباشرة في معدة الحيوان دون أن ينبه الحيوان إلى ذلك بقي الطعام في معدته مدة طويلة دون أن يهضم .

٢ — الإفراز الناتج من وجود الطعام بالمعدة : فصل باؤلوف جزءاً من جسم المعدة عن باقيها ، وجعله يفتح إلى الخارج ، وعمل فتحة أخرى في المعدة ، وبقي الجزء المنفصل متصلاً بشرايته وأعصابه . وقد وجد أن وجود الطعام في المعدة يدعو إلى إفراز من الجزء المنفصل وليس للأعصاب التي تربط المعدة بالجهاز العصبي الرئيسي أى دخل في هذا الإفراز إذ يستمر بعد قطع أعصاب المعدة كلها بما في ذلك أعصاب الجزء المنفصل . وقد نبه باؤلوف الغشاء المخاطي للمعدة تنبيهاً ميكانيكياً دون نتيجة ، ولكن إيفي (Ivy) يقول إن تمدد جدران المعدة يدعو إلى بعض إفرازاتها ، ولو أن هذا الإفراز قليل ، ولا يفسر بأى حال الإفراز الذى ينتج عن وجود الطعام بالمعدة . ويتسبب الإفراز من تنبيه كيميائى للغشاء المخاطي للبواب الذى يفرز مادة تسمى جاسترين أو معدِّين (gastrin) تعمل كهرمون وتمر بالدم إلى غدد جسم المعدة وقاعها فتدعو إلى الإفراز .

ويفرز الجاسترين بالبواب نتيجة لبعض مواد الطعام دون غيرها ، ومن أقوى المواد تأثيراً شربة اللحم أو مستخرج ليبيج (Liebig's extract) والبروتياز والبيتون الذى ينتج من هضم البروتينات بوساطة الخميرة بيسين ، فى حين لا يوجد للخبز أو للبروتين نفسه أى تأثير . ويثبت هذا الإفراز الكيميائى ما يأتى :
(١) إذا استخرج الغشاء المخاطي للبواب بوساطة محلول ملح وحقن بالدم أدى إلى إفراز المعدة .

(٢) فى تجربة باؤلوف التى فصل فيها جزء من المعدة عن باقيها يفرز هذا الجزء إذا وضع بالمعدة شربة اللحم أو بروتياز أو بيتون بعد نحو ثلاثين دقيقة من وضع الطعام بالمعدة حتى بعد قطع أعصاب جزء المعدة المنفصل .
ثالثاً — زرع إيفي (Ivy) جزءاً من الغشاء المخاطي للمعدة عند صدر

الحيوان ووجده يفرز بعد ٣٠ إلى ٦٠ دقيقة من وضع الطعام بالمعدة .
ولما كان الاتصال الوحيد بين المعدة وهذا الجزء هو عن طريق الدم يثبت
ذلك بلا تردد كيميائية هذه المرحلة من الإفراز .

وهناك رأى أن الهرمون جاسترين هو مادة الهستامين (Histamine) التي
توجد بكثرة في معظم أنسجة الجسم ، والتي تدعو إلى إفراز شديد من المعدة
إذا حقنت بالدم . ولكن هناك أدلة كثيرة على أن الجاسترين يختلف عن
الهستامين . ومن هذه الأدلة ما يأتي :

١ — الإفراز الناشئ عن الهستامين فقير في الخيرة پيسين بعكس الإفراز
الناشئ عن المعدين .

٢ — يوجد الهستامين في قاع المعدة وجسمها بكميات أكثر من البواب .
ومع ذلك نرى أن ملاصقة الطعام بالبواب فقط هي التي تؤدي إلى إفراز
المعدة الكيميائي وليس للملاصقة الطعام بالقاع أو بالجسم هذا التأثير .

٣ — إذا حقنت مقادير صغيرة من الأتروبين منعت الإفراز الناشئ
عن المعدين ولكنها لا تمنع إفراز الهستامين . ويدل ذلك على أن المعدين يقوم
بعمله بوساطة الشبكة العصبية الموجودة بجدار المعدة (Auerback's plexus)
٤ — يستخرج حامض الكلور دريك الهستامين بسهولة من أنسجة
الجسم ولكنه لا يؤدي إلى إفراز إذا وضع بالبواب .

٥ — وجد طلعت وشيركوا في تجارب عملت على الكلاب قطع فيها
العصبان المخيان العاشران في الصدر — تلافيا لأي إفراز عصبي — أن كمية
الهستامين لا تزيد في الدم الشرياني وقت الإفراز الكيميائي المعدي مما يثبت أن
المعدين مادة أخرى غير الهستامين .

٣ — الإفراز الناتج عن وجود الطعام بالاثني عشر : عند ما تمر
نتائج هضم الطعام بالمعدة إلى الاثني عشر يدعو إلى استمرار الإفراز من
المعدة ؛ وإذا وضع في الاثني عشر — عن طريق فتحة صناعية تعمل به —

ماء أو مستخرج اللحم أو بيتون أو كبريتات المغنسيوم أو صابون أدى ذلك الى إفراز من المعدة بعد مدة كامنة طويلة تتراوح بين ساعة وساعتين وغالبا ينتج هذا الافراز من امتصاص بعض محتويات الطعام أو بعض المواد من جدار الأمعاء ، وذلك لأنه لو فرغت الأمعاء الدقيقة من محتوياتها قبل الامتصاص لا يحدث الافراز المعدى .

تأثير الدهن فى الافراز المعدى

يقلل الدهن إفراز العصير المعدى فى جميع مراحلها كما يقلل من حركات المعدة . وليست كيفية عمل الدهن واضحة بالضبط . ويدعى ليم (Lim) أن هناك هرمونا خاصا ، فاذا وضع الدهن فى كيس من المعدة منفصل عن باقيها ومقطوع أعصابه أدى ذلك إلى ردع الافراز من باقى المعدة ، فيقل حجم الافراز وحموضته ومقدار الخناثر التى به . وقد حضر ايفى (Ivy) مستخرجا من الغشاء المخاطى للأمعاء الدقيقة يقلل إفراز المعدة وحركتها إذا حقن بالدم . وقد سمي هذا الهرمون إنتروجاسترون (Entrogastrone)

حركات المعدة

يمكن دراسة حركات المعدة فى الحيوان أو الانسان بوساطة أشعة رونتجن . وذلك بأن يعطى الشخص طعاما من الخبز والابن مخلوطا ببعض من كبريتات الباريوم التى لا تؤثر فى عملية الهضم أو فى حركات المعدة ولكنها تجعل محتوياتها معتمة ، أى غير شفافة للأشعة . وتبدأ حركات المعدة بعد دخول الطعام اليها مباشرة . ويختلف نوع الانقباض فى النصف الأعلى من المعدة عنه فى نصفها الأسفل . ففي قاع المعدة والنصف الأعلى من الجسم يحدث انقباضا مستمرا ضعيفا (tonic contraction) فى حين تبدأ عند منتصف جسم المعدة تقريبا موجات انقباضية دودية (peristaltic waves)

تسير ببطء نحو البواب . وتتغير قوة هذه الموجات أثناء رحلتها فتارة تكون قوية وتارة تكون ضعيفة وتتلو هذه الموجات بعضها بانتظام من ثلاث مرات إلى أربع في الدقيقة . وقد يرى عدد من هذه الانقباضات في وقت واحد . ولهذه الموجات الانقباضية فائدة عظيمة إذ أنها تكسر وتجزئ قطع الطعام وتمزجها بالعصير المعدى مزجاً تاماً . وعندما تصل موجة قوية إلى العضلة البوابية تفتحها وتفرغ بعض محتويات المعدة في الاثني عشر . وتتأثر حركات المعدة بعدة عوامل منها ما يأتي :

- ١ — كمية الأكل : إذا كانت وجبة الطعام كبيرة ومددت جدران المعدة زادت من الحركات ومن قوتها ولكن إذا كان تمدد جدران المعدة بالطعام شديداً جداً قلل ذلك حركات المعدة وأدى إلى عسر هضم الطعام .
- ٢ — نوع الأكل : يقلل الدهن من حركات المعدة وبذا يبقى بها مدة طويلة عن مائيات الكربون أو البروتينات .
- ٣ — حالة الشخص : تقل حركات المعدة في حالات الألم والتعب الجسماني أو الفكري والخوف والحزن ووقت عمل مجهود رياضي .
- ٤ — مواد كيميائية : يزيد الكحول (الخمر) والقهوة والهستامين والانسولين من حركات المعدة بينما يقلل التدخين والأترويين ونقص الفيتامين ب هذه الحركات .

٥ — الحميات : تقل حركات المعدة في الحميات . ويتم تفريغ محتويات المعدة في الاثني عشر بعد مدة تتراوح بين ساعتين وأربع ساعات من تناول الطعام . وقد كان من المعتقد به أن وجود حمض الكلوردريك بالمعدة ينظم عملية تفريغها فكلما اشتدت حموضة المعدة ارتخت العضلة العاصرة للبواب . ولكن أبحاثاً حديثة دلت على خطأ هذه النظرية وعلى أن العضلة العاصرة البوابية تفتح عندما يزيد الضغط في البواب نتيجة انقباضات قوية . وعلى ذلك يظهر أن العلاقة بين حموضة المعدة وبين ارتخاء

عضلة البواب ماهى إلامسألة عرضية — وكذلك وجد أنه ليس للعلاقة بين حموضة محتويات الاثنى عشر وزيادة النشاط العضلى للعضلة البوابية العاصرة (صفحة ٧٢) أى تأثير على سرعة تفريغ محتويات المعدة إذ أن عملية تفريغ الكيموس من المعدة إلى الاثنى عشر لا تتأثر بأى حال من الأحوال فى بعض الأحوال المرضية التى لا تفرز فيها المعدة حامض الكلورودريك مطلقا وفضلا عن ذلك فقد وجد فى حالات استئصال العضلة البوابية العاصرة من المعدة أن سرعة تفريغ محتويات المعدة لا تختلف كثيرا عنها فى الأحوال الطبيعية . مما تقدم نستنتج أن سرعة تفريغ محتويات المعدة تتوقف مبدئياً على حركاتها وأنه ليس للعضلة البوابية العاصرة دخل كبير فى ذلك كما كان يظن مبدئياً فكلما زادت حركات المعدة كان هضم الطعام بها سهلا وكان تفريغ محتوياتها إلى الاثنى عشر سريعا .

ولا يبقى الماء فى المعدة بل يمر إلى الأمعاء فى مدة دقيقة أو اثنين وتفرغ مائيات الكربون بسرعة عن اللحوم وأما الدهن فيبقى بالمعدة مدة طويلة .

تأثير الأعصاب على حركات المعدة : ولو أن حركات المعدة — كغيرها من العضلات الغير الإرادية — لا تعتمد على الأعصاب لحدوثها . إلا أن هذه الأعصاب تنظمها . وقد وجد أن تنبيه أعصاب المعدة سواء الأراسمپاثوية أو السمپاثوية قد تؤدي إلى زيادة أو إلى قلة الحركات . ويتوقف ذلك على حالة الحركات وعلى الضغط بداخل المعدة قبل التنبيه . فلو كانت الحركات قوية وكان الضغط بداخل المعدة كبيرا قبل التنبيه أدى تنبيه العصب الرئوى المعدى أو العصب السمپاثوى إلى ارتخاء عضلات المعدة . وأما إذا كانت عضلات المعدة مرتخية أدى التنبيه إلى زيادة الحركات فى العدد والقوة وإلى زيادة الضغط بداخل المعدة .

مما تقدم نستنتج أنه يوجد بكل الأعصاب الرئوى المعدى والسمپاثوى

ألياف محركة وألياف رادعة ولو أن الألياف المحركة تكثر جداً في العصب الرئوى المعدى بينما تكثر الألياف الرادعة في العصب السمباثوى . إذ أنه لو قطع العصبان الرئويان المعديان في أسفل الصدر — أى بعد أن يعطيا فروعهما للقلب والحنجرة والرئتين — بقى الطعام بلا هضم في المعدة طويلاً وأما إذا قطعت الأعصاب السمباثوية ترك الطعام المعدة في زمن أسرع مما لو كانت هذه الأعصاب سليمة ويظهر تأثير ذلك جلياً إذا تكون الطعام من الدهن (أنرب وشيركوا) .

تجميع محتويات الاثنى عشر الى المعدة : عند أواخر عملية الهضم في المعدة ترتخي العضلة العاصرة للبواب حتى في حالة عدم وجود انقباضات معدية قوية وعندئذ يرجع الكيموس ثانية من الاثنى عشر إلى المعدة . ويكون الكيموس مصحوباً ببعض من إفراز البنكرياس والصفراء فتقل حموضة المعدة .

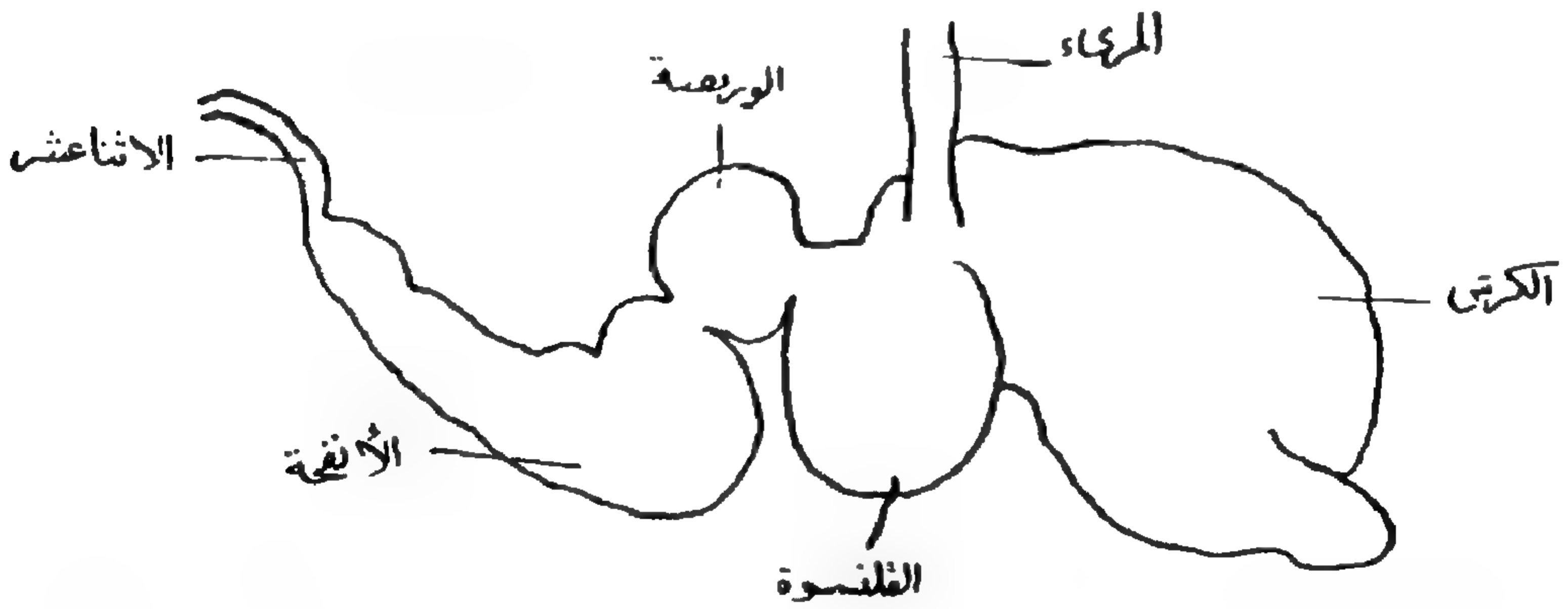
القيء

القيء هو العملية التي يحصل بها تفريغ محتويات المعدة عن طريق الفم؛ ويحدث ذلك بوساطة فعل منعكس يتسبب من تمدد المعدة — وخصوصاً جدران البواب — بالطعام؛ أو من وجود مواد مهيجه بها . ويوجد المركز العصبي للقيء في النخاع المستطيل . ويسبق القيء غالباً تهوع وإفراز لعاب كثير يزيد من تمدد المعدة عند بلعه . وتحدث عملية القيء بأن يأخذ الانسان شهيقاً طويلاً ثم تقفل فتحة الحنجرة ويستمر انقباض عضلة الحجاب الحاجز . وتنقبض عضلات جدران البطن فيزداد الضغط داخل البطن . ثم ترتخي الفتحة الفؤادية المعدية وتنقبض المعدة ثم تقذف محتوياتها إلى الخارج عن طريق المريء؛ ويحصل القيء من تهيج أعضاء أخرى كثيرة غير المعدة، كمؤخر اللسان، وحوض الكلى، والحالب، والزائدة الدودية،

والمرارة ، والأمعاء ، والرحم . ولذلك نجده يصحب الأمراض التي تنتاب هذه الأعضاء . كما يحصل القيء في حالات دوار البحر نتيجة تهيج العينين والأذن الباطنة بقتواتها النصف الدائرية . والقيء أيضاً من عوارض أمراض المنخ والمخيج . ويمكن إحداث القيء بوساطة العقاقير والأدوية التي تؤثر في المعدة نفسها وتهيجها ، ككبريتات الزنك وعرق الذهب (Ipecacuenha) . ويؤثر بعضها الآخر ، كالأبومورفين ، في المركز العصبي في النخاع المستطيل .

الاجترار (Rumination)

تختلف عملية الهضم في معدة الغنم والمواشي عنها في الحيوانات الأخرى كالحصان والكلب مثلاً ذلك بأن الأولى تبتلع الغذاء بعد طحنه جزئياً بالفم ثم يعود مرة أخرى إليه بعد ساعة تقريباً ليطحن جيداً — وتسمى هذه الظاهرة بالاجترار وهي



(شكل ٢٠)

عملية عكسية مركزها النخاع المستطيل . أما الحيوان نفسه فيسمى بالحيوان المجتر . ويؤدي وظيفة الاجترار معدة مركبة من أربعة أجزاء وهي : الكرش (Rumen) ، والفلنسوة أو الشبكية (Reticulum) ، والوريقية (Omasum) ، والأنفحة (Abomasum) .

عملية الاجترار : يتناول الحيوان المجتر غذاءه فيطحنه طحناً غير كامل بفمه ثم يبتلعه مختلطاً بأنزيمات اللعاب وبكثيراً الطعام حيث يصل إلى الكرش أو المعدة

الأولى ، فتؤثر فيه هذه الانزيمات ، كما تحلل البكتريا ما به من سيلوز خلال عملية تخمر بنسبة ٦٠ — ٧٠٪. من حجمه الأصلي . وليس بهذه المعدة غدد هاضمة ؛ وهي تناظر أمعاء الحصان الغلاظ حيث يهضم السيلوز بالطريقة نفسها . ولهذا المعدة استطالة تسمى بالقلنسوة أو الشبكية ؛ ووظيفتها خزن السائل الخاص بتبليل الطعام ليسهل عودته مرة أخرى إلى الفم . وهنا يبدأ الطعام في العودة إلى الفم عن طريق المريء الذي يمتد على جانب الكرش والشبكية على شكل مجرى ذى شفتين بارزتين بترأخيهما يتصل المريء بكل من الكرش والشبكية . ففى أثناء حركة الخلط بالكرش يضغط الطعام فى اتجاه مضاد لشفتى الحفرة نتيجة لانقباض عضلات البطن والحجاب الحاجز ولتنبيه جدار الكرش نفسه عصبياً بالطعام ؛ ويتبع ذلك دخول الطعام فى الجزء السفلى ومنه إلى الفم مبلا بسائل الشبكية، وذلك بمساعدة الموجات الديدانية لعضلات المريء ؛ وفى الحال يعاد بلع الجزء السائل من الطعام . أما الجزء الأكثر صلابة فيعاد مضغه مدة دقيقة أو أكثر . يؤثر فيه فى أثنائها انزيمات اللعاب ثم يبلع مرة أخرى . فان كان الطحن لا يزال جزئياً تراخت شفتا المريء وعاد الطعام مرة أخرى إلى الكرش والشبكية ليعاد قذفه إلى الفم لطحنه مرة أخرى وهكذا . أما إذا كان الطحن جيداً فيحدث انضمام شفتى المريء بدلا من ترأخيهما ، وبذا تتكون قناة لحمل الغذاء مباشرة من المريء إلى الوريقية أى الكرش الثالثة وتتماز هذه بحوائطها ذات الثنايا العضلية المغطاة بنسيج طلائى خشن وقوى ؛ وتشبه فى توزيعها ورق الكتاب . أما وظيفتها فسحق المادة الغذائية وترشيحها ومنعها من المرور إلى الكرش الرابعة ، أى الأنفحة ، إلا إذا كانت مطحونة نهائياً . والأنفحة هى المعدة الحقيقية ، وتناظر غور أوقاع معدة الحصان ؛ وبها توجد الغدد الخاصة بإفراز العصارة المعدية المحتوية على الخميرة ببسين .

ويتوقف بدء عملية الاجترار ، بعد تناول الطعام ، على نوع الطعام نفسه . فقد قيل أنها تبتدىء عقب أكل العشب مباشرة، كما تمتنع كلية فى حالة غياب الماء أو عند تناول غذاء مطحون تماما .

وبما هو جدير بالذكر أن انضمام شفتى المريء لا يكون تاما الا فى الحيوانات الرضيعة ذلك لأنها ليست فى حاجة إلى الاجترار . والأنفحة هنا هى المعدة العاملة فقط . وبتقدم الحيوان فى السن تضعف القوة القابضة لعضلة شفتى المريء . وتبدأ الكرش والشبكية والوريقية فى تأدية عملية الاجترار .

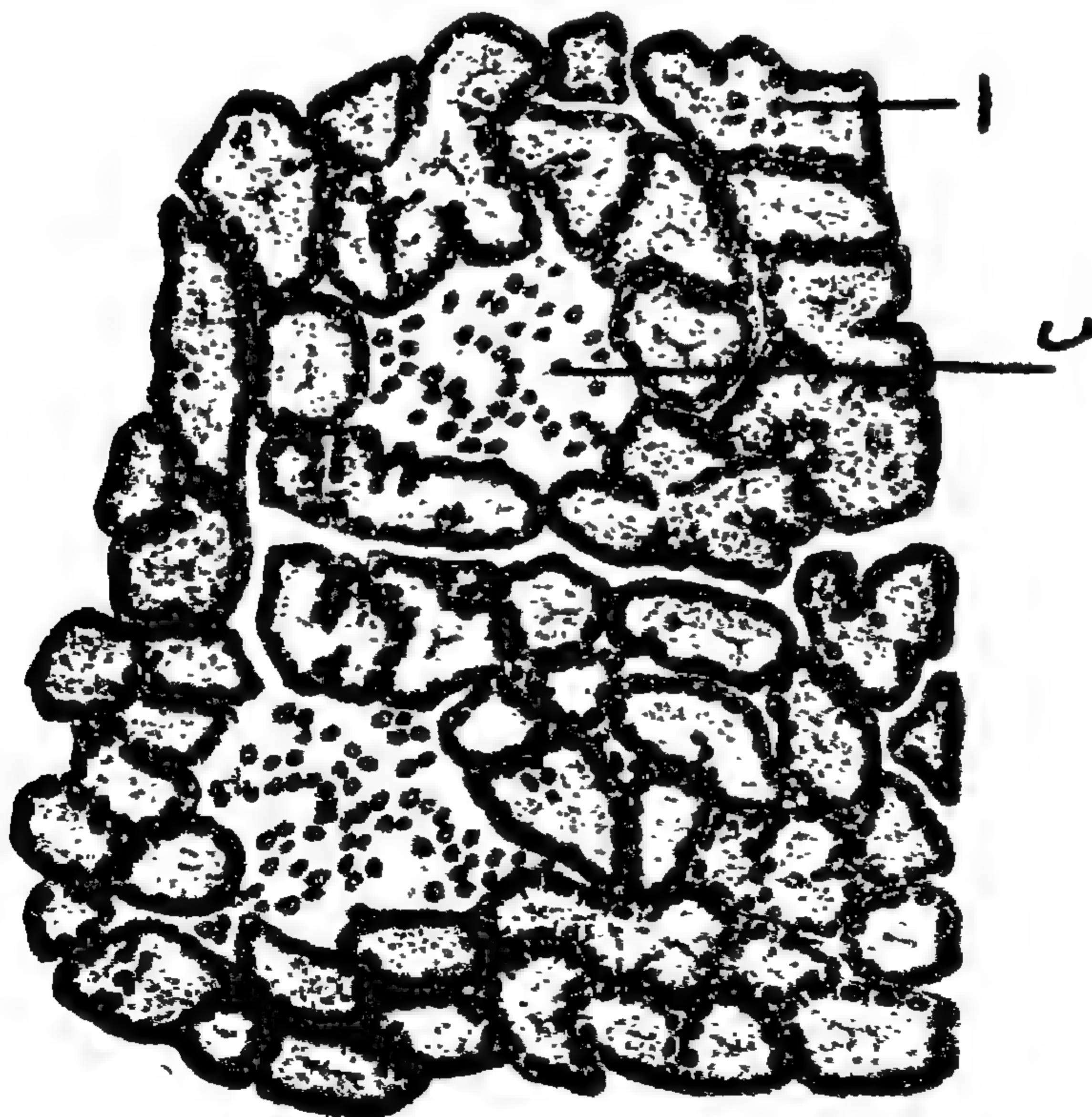
الباب السابع

الهضم في الامعاء الدقيقة

يتكون الهضم في الامعاء الدقيقة من تأثير إفرازات البنكرياس والكبد والغشاء المخاطي للأمعاء في الكيموس الذي يمر من المعدة إلى الاثني عشر .
ولو أن هذه الإفرازات تهضم المواد الغذائية في وقت واحد إلا أننا سندرس كل واحدة منها على حدة منعاً للتعقيد .

عصير البنكرياس

البنكرياس (شكل ٢١) غدة في القسم الأوسط الأعلى من البطن ؛ ولها في



(شكل ٢١) قطاع ميكروسكوبي من البنكرياس يبين

أ — عيون البنكرياس التي تفرز عصير البنكرياس الهضمي

ب — جزر لانجرهانز التي تفرز هرمون الانسولين

(عن مارشال وهالنان)

الانسان قناتان : أحدهما — وهى العليا — أكبر من الأخرى . وتفتح قناتا البنكرياس فى الجزء النازل من الاثنى عشر على بعد يتراوح بين سبعة سنتيمترات وعشر سنتيمترات من فتحة البواب . ويمكن الحصول على إفراز البنكرياس فى الحيوانات بتحويل مجرى القناة وجعلها تفتح للخارج . ولعصير البنكرياس تأثير فى جميع أنواع المواد الغذائية ، إذ يحتوى على الخماثر الآتية : ترسينوجين (Trypsinogen) وأميليز (Amylase) ومالتيز (maltase) وليپيز (Lipase) وعصير البنكرياس قاعدى إذ به كميات كبيرة من بيكربونات الصود يوم

عمل الترسين : لو جمعنا عصير البنكرياس بعناية تامة ، حتى لا يلامس الغشاء المخاطى للأمعاء ، لوجدنا أنه لا يؤثر مطلقا فى البروتينات . فاذا أضفنا إليه قليلا من عصير الامعاء اكتسب قوة عظيمة لهضم البروتينات — وذلك لأن عصير البنكرياس يحتوى على ترسينوجين ، وهو غير فعال : ويحتوى عصير الامعاء على مادة أخرى تسمى انتروكينيز أو مساعد الترسين المعوى (Entrokinase) تتحد مع الترسين غير الفعال بنسبة معينة ، ويتكون من اتحاد الاثنى خميرة الترسين الفعالة التى تؤثر فى البروتينات فتحللها إلى بروتينوز ، فببتون ، فأحماض أمينية مركبة (polypeptide) ، فأحماض أمينية — وبذلك تتم عملية هضم البروتينات التى بدأنها الخميرة ببسين فى المعدة . وهناك بعض الأحماض الأمينية المركبة تعجز الخميرة ترسين عن هضمها مهما سمح لها بالوقت الكافى لذلك . ويمكن تحويل الترسينوجين إلى ترسين بدون انتروكينيز بوساطة أيونات الكالسيوم . وأقوى عمل للخميرة يكون فى وسط قاعدى عند الأس الايدروجينى ٨ — ٩ . ويقوم الترسين أيضا بتخثير اللبن وترسيب الكازين وبذلك يبقى فى الأمعاء مدة أطول حتى تتمكن من هضمه . وربما وجدت الخميرة منفحين (Rennin) للقيام بالعمل نفسه أيضا .

عمل أميليز البنكرياس : يقوم أميليز البنكرياس بعمل أميليز اللعاب نفسه ولو أنه أقوى منه كثيرا ، إذ أن له المقدرة على هضم النشاء الغير

المطبوخ في حين لا يهضم أميليز اللعاب إلا النشاء المطبوخ . ويحول أميليز البنكرياس النشاء بنفس الخطوات التي تنتج من عمل أميليز اللعاب ، وأقوى مفعول له عند الأس الإيدروجيني ٦,٧-٧ ويلزم وجود كلورور الصوديوم لعمل أميليز البنكرياس ، كما يلزم لعمل أميليز اللعاب . وتحول خميرة المالتيز الموجودة ثنائي السكر مالتوز إلى جزيئين من سكر العنب . ولكن ليس لعصير البنكرياس أى تأثير في ثنائي السكر سكر القصب وسكر اللبن ، إذ لا يحتوى العصير على الخميرتين اللازمتين لهضمهما .

عمل ليبيز البنكرياس : تحول هذه الخميرة الدهن إلى أحماض دهنية وجلسرين ؛ وإذا كان الوسط قاعديا اتحدت الأحماض الدهنية مع القواعد وكونت صابوناً .

ولوجود أملاح الصفراء أهمية عظيمة في هضم الدهون إذ أنها تزيد كثيراً من عمل الليبيز ، وذلك للأسباب الآتية :

١ - لو رججنا خليطاً من الزيت والماء ثم تركناه - ينفصل الزيت عن الماء ثانية ويكون طبقة على سطحه . وأما إذا جعلنا الخليط قاعدياً ثم أضفنا إلى الخليط بعضاً من أملاح الصفراء أمكننا أن نحصل على مستحلب مكون من فقائيع صغيرة من الزيت معلقة في الماء ، ذلك لأن أملاح الصفراء تقلل الجذب السطحي (surface tension) وبهذه الطريقة يزداد سطح الزيت المعرض للحرارة فتزداد سرعة عملها .

٢ - حتى في حالة استرات الأحماض الدهنية الصغيرة مثل ثلاثي الخلين (Triacetine) التي تذوب في الماء تزيد وجود أملاح الصفراء سرعة تحليلها بواسطة الليبيز ، أى أن لأملاح الصفراء تأثيراً في عمل الليبيز فضلاً عن تأثيرها في الجذب السطحي .

٣ - لا تذوب الليبيز في الماء ولكنها تذوب في محلول من أملاح الصفراء .

٤ — تذيب أملاح الصفراء الأحماض الدهنية والصابون إذا مال الوسط قليلا إلى الحموضة .

إفراز عصير البنكرياس

لا فراز عصير البنكرياس قصة شائعة في تاريخ علم وظائف الأعضاء إذ أنها لم تقتصر على الكشف عن كيفية إفراز هذه الغدة ذات الأهمية العظيمة في عملية الهضم بل فتحت باباً جديداً للبحث العلمى أدى الى تقدم سريع في جميع العلوم الطبية .

في أواخر القرن المنصرم وأوائل القرن الحاضر كان معملان منهماكين في البحث عن الحقيقة — ففى موسكو كانت تجارب بافلوف (Pavlov) على الجهاز الهضمى مستمرة لمعرفة كيفية عمل الغدد الهضمية ، وفي لندن كان ستارلينج وبايليس (Starling & Bayliss) يبحثان في حركات الأمعاء وفي أفعالها المنعكسة الموضعية . وقد وجد بافلوف — باستعمال طريقته المبتكرة من عمل فتحات صناعية في قنوات الغدد تفتح إلى الخارج — أنه في الغالب لا يمكن الحصول على أى إفراز من قناة البنكرياس حتى يتناول الحيوان طعامه ؛ وحينئذ فقط يبدأ الإفراز بعد مدة قليلة لا تزيد عن خمسة دقائق من تناول الطعام ، ويستمر هذا الإفراز حتى إذا مرت أول كمية من الكيموس الحمضى من فتحة البواب إلى الاثنى عشر ازداد كثيرا وبقي ساعتين أو ثلاث ساعات بعد تناول الطعام .

وقد كان معروفا لبافلوف أن وضع الطعام أو الأحماض بالفم يؤدي إلى استدرار اللعاب بواسطة فعل منعكس . وبطريق المقارنة اعتقد بافلوف أن وجود الكيموس الحمضى في الاثنى عشر والأمعاء يؤثر في أعصابها ويؤدي إلى استدرار افراز البنكرياس بواسطة أعصابه . وبعد ذلك وضع بافلوف حمضا في الأمعاء ؛ وقد أدى ذلك إلى استدرار كبير لافراز البنكرياس بدون

تناول أى طعام . ثم نبه بافلوف العصب الرئوى المعوى الذى يجهز البنكرياس وقد وجد أن ذلك يؤدى أيضا إلى إفراز عصير البنكرياس نتيجة لتنبیه خلاياه بالأعصاب التى تجهزها . فالافراز الذى يبدأ عند تناول الطعام عبارة عن فعل شرطى ؛ والافراز الذى يليه — لوجود الاحماض والطعام خصوصا الدهنيات فى الاثنى عشر والأمعاء — نتيجة لفعل منعكس .

فإذا ما عدنا الى ستارلنج وبايليس فى لندن تجدهما قد حرما الأمعاء كل اتصال عصبي بالجهاز العصبي الرئيسى ؛ ومع ذلك فإن وجود الحمض فى الأمعاء يدعو فى تجاربهما إلى النتيجة التى وصل إليها بافلوف نفسها ؛ وهى إفراز كثير من البنكرياس . وعلى ذلك داخلهما شك كبير فى حقيقة أى فعل منعكس . وبما أن الوسيط الوحيد الذى يربط الأمعاء بالبنكرياس بعد فصل أعصاب الأولى هو الدم ، فقد كان طبيعيا أن يفكرا فى أن الحمض الذى يوضع فى الأمعاء يمتص فى الدم وينقل بواسطته الى البنكرياس فيؤدى الى إفرازه ، ولذلك حقنا الحمض مباشرة فى الدم ، ولكن لم يحصل على أى نتيجة من ذلك . وقد كانت النتيجة المنطقية بعد ذلك أن يفكرا فى أن الحمض يؤثر فى الغشاء المخاطى ويجعله يفرز مادة تمر فى الدم وتذهب إلى البنكرياس ؛ وهنا استخرج ستارلنج وبايليس بعض الغشاء المخاطى للأمعاء بمحاول ضعيف من حمض الكلوردريك . وبعد أن عادلا الحمض ورشحا السائل المتكون حقناه فى أحد شرايين الحيوان . وكم كانت دهشتهم وفرحهما عظيما عندما أدى ذلك إلى افراز كثير من البنكرياس . وقد سما هذه المادة التى تفرزها الأمعاء من فعل الاحماض والدهنيات ومواد أخرى بالسكرتين (Secretin) أو الافرازين ، نظر لعدم معرفتهما تركيبها الكيميائى . وبذلك أثبتا أن هناك طريقة — عدا الجهاز العصبي — تربط وظائف أعضاء الجسم بعضها ببعض ، وهى أن الدم قد يحمل مواد كيميائية تكوّن فى عضو مخصوص وتنقل بالدم الى أعضاء

أخرى ، وتؤثر في وظيفتها . وقد أطلقا على هذه المواد الكيميائية لقب الهرمونات أو المنبهات (Hormones) . وهنا بدأ بحث واسع أدى الى اكتشاف عمل كثير من الغدد الصماء ، أو عديمة القناة ، في تنظيم وظائف أعضاء الجسم . وقد حضر كثير من هذه المواد الكيميائية ، وتستعمل الآن في علاج الأمراض المختلفة الناشئة من اختلال وظائف الغدد الصماء .

ولو رجعنا ثانياً إلى إفراز البنكرياس وأردنا أن نوفق بين تجارب بافلوف وتجارب ستارلنج وبابيليس لوجدنا التناقض ظاهراً إذ أن ستارلنج وبابيليس قد حاولا تنبيه العصب الرئوى المعدى ولكنهما لم يحصلوا على أى إفراز .

وفي ذلك الوقت ذهب أنرب (Anrep) — أستاذ علم وظائف الأعضاء بكلية الطب المصرية الآن والذي كان تلميذاً لبافلوف — إلى لندن ، وهناك كرر تجارب بافلوف أمام العالمين الإنكليزيين وأقنعهما بوجود الإفراز العصبي . وقد كان خطأهما في أنهما كانا ينبهان العصب مدة قليلة في حين أن تأثير التنبيه لا يظهر إلا بعد بضع دقائق ، وبذلك ثبت أن إفراز البنكرياس يتكون من قسمين :

أولاً : قسم عصبي ، ويبدأ في بضع دقائق بعد تناول الطعام ، وهو نتيجة لفعل شرطى .

ثانياً : قسم كيميائى يتلو ذلك ، ويكون نتيجة لوجود الحمض وبعض مواد الطعام كالدهنيات والصابون الذى يتكون منها فى الاثني عشر والأمعاء ، إذ يسبب ذلك إفرازاً للإفرازين من الغشاء المخاطى للأمعاء وخصوصاً العليا منها . ويمتص هذا الإفرازين بالدم إلى البنكرياس حيث يؤثر فى خلاياه ويستدر إفرازها .

والإفراز الذى ينتج من العصب الرئوى المعدى قليل وسميك ولكنه غنى جداً فى الخثائر . ويدعو التنبيه إلى اختفاء الحبوب التى بخلايا البنكرياس

والتي تكون الخنائر ، ولا يحصل إفراز مطلقاً نتيجة لتنبيه العصب إذا حقن الحيوان بمادة الأتروپين (atropine) .

وأما الإفراز الكيمياءى فهو غزير وأكثر سهولة وبه كميات كبيرة من بيكر بونات الصوديوم. وإذا حقن الإفرازين بالحيوان أدى إلى الإفراز حتى بعد قطع أعصاب البنكرياس أو بعد حقن الحيوان بمادتي الأتروپين والارجوتوكسين (ergotoxine) مما يدل على أن تأثير الإفرازين فى الخلايا نفسها. وليس للأعصاب التى تجهز البنكرياس أولهاياتها (nerve endings) دخل فى الإفراز الكيمياءى. ولا يصنع الإفرازين بخلايا الغشاء المخاطى وقت الطعام ولكنه يوجد بها قبل ذلك ، ويدعو وجود الحمض إلى إفرازه بالدم ويمكن استخراجه من الغشاء المخاطى بالكحول أو بالماء ، وليس بالاحماض فقط ويوجد الإفرازين كثيراً فى ثلثى الأمعاء الدقيقة العلويين ، ويوجد قليلاً فى الثلث الأسفل وفى القولون الصاعد ؛ ولا يوجد مطلقاً بالغشاء المخاطى للمعدة . ويدعو الإفرازين إلى إفراز الصفراء بواسطة الكبد أيضاً . كما أن لأملاح الصفراء المقدرة على تنبيه الغشاء المخاطى للأمعاء الدقيقة لإفراز الإفرازين . وقد حضر الإفرازين بدرجة نقية نوعاً ما ، وتركيبه الكيمياءى ليس معروفاً تماماً ولكنه خال من الهيستامين . وهو يتلف بهضمه بالخميرتين ببسين وتربسين ، ولذلك لا يعمل إذا أعطى عن طريق الفم .

عصير الأمعاء الدقيقة

هو إفراز عدة غدد منتشرة فى كثرة فى الغشاء المخاطى ، وتفتح فى حفر أسطوانية صغيرة تسمى انخفاضات ليبركون (Crypts of Lieberkuhn) ويوجد فى الاثنى عشر غدد برونر (Brunner's glands) ، وهى تشبه غدد للبواب فى المعدة من حيث تعرجها وتفرعها . وتفرز إفرازاً قاعدياً مخاطياً

له قدرة ضعيفة على هضم البروتينات . وعصير الأمعاء سائل قاعدي لوجود بيكربونات الصوديوم وكثافته ١.٠١٠ ، وهو معتم لوجود مخاطين وخلايا من الغشاء المخاطي وكرات بيضاء به . ويمكن جمع عصير نقي من الحيوان بفصل قطعة من الأمعاء الدقيقة ووصل فتحتها إلى الخارج ، ثم وصل نهايتي قطع باقي الأمعاء ببعضها ، كما هو واضح بشكل ٢٢ .



(شكل ٢٢)

ويختلف تركيب الافراز كثيراً : فتارة يكون مائياً وبه قليل من الخثائر الهضمية ، وتارة يكون سميكاً وبه كثير من المخاطين . ويحتوى عصير الأمعاء على مساعد التربسين المعوى (Enterokinase) السابق ذكره . وعلى الخثائر الآتية :

١ — إريبسين (Erepsin) : ويحلل الأحماض الأمينية المركبة إلى أحماض أمينية ، ولا يمكنه أن يهضم البروتينات أو البروتيازات أو الببتونات وأنسب عمل له عند الأس الايدروجيني ٨ .

٢ — ليبيز (Lipase) : ويمكنه أن يهضم بعضاً من الدهن الذي يؤخذ بالطعام في حالة غياب عصير البنكرياس من الأمعاء الدقيقة . ويختلف عن ليبيز البنكرياس في أن أملاح الصفراء لا تساعد عمله .

٣ — سكريز (Sucrase) : ويحلل ثنائي السكر سكروز القصب إلى جزىء من سكر العنب وجزىء من سكر الفواكه .

٤ — مالتيز (Maltase) : ويحلل ثنائي السكر ملتوز إلى جزئين من سكر العنب .

٥ — لاكتيز (Lactase) : ويحلل ثنائي السكر سكر اللبن إلى جزىء من سكر العنب وجزىء من الجالاكتوز .

٦ — خمائر أخرى لتحليل الأحماض النووية .

كيفية إفراز عصير الأمعاء الدقيقة

لا تفرز الأمعاء في الصيام إلا قليلاً جداً وفي أوقات متباعدة ؛ وكذلك لا تفرز عند بدء تناول الطعام ولكنها تبدأ بالإفراز عندما يصل إليها الطعام . وذلك لسببين :

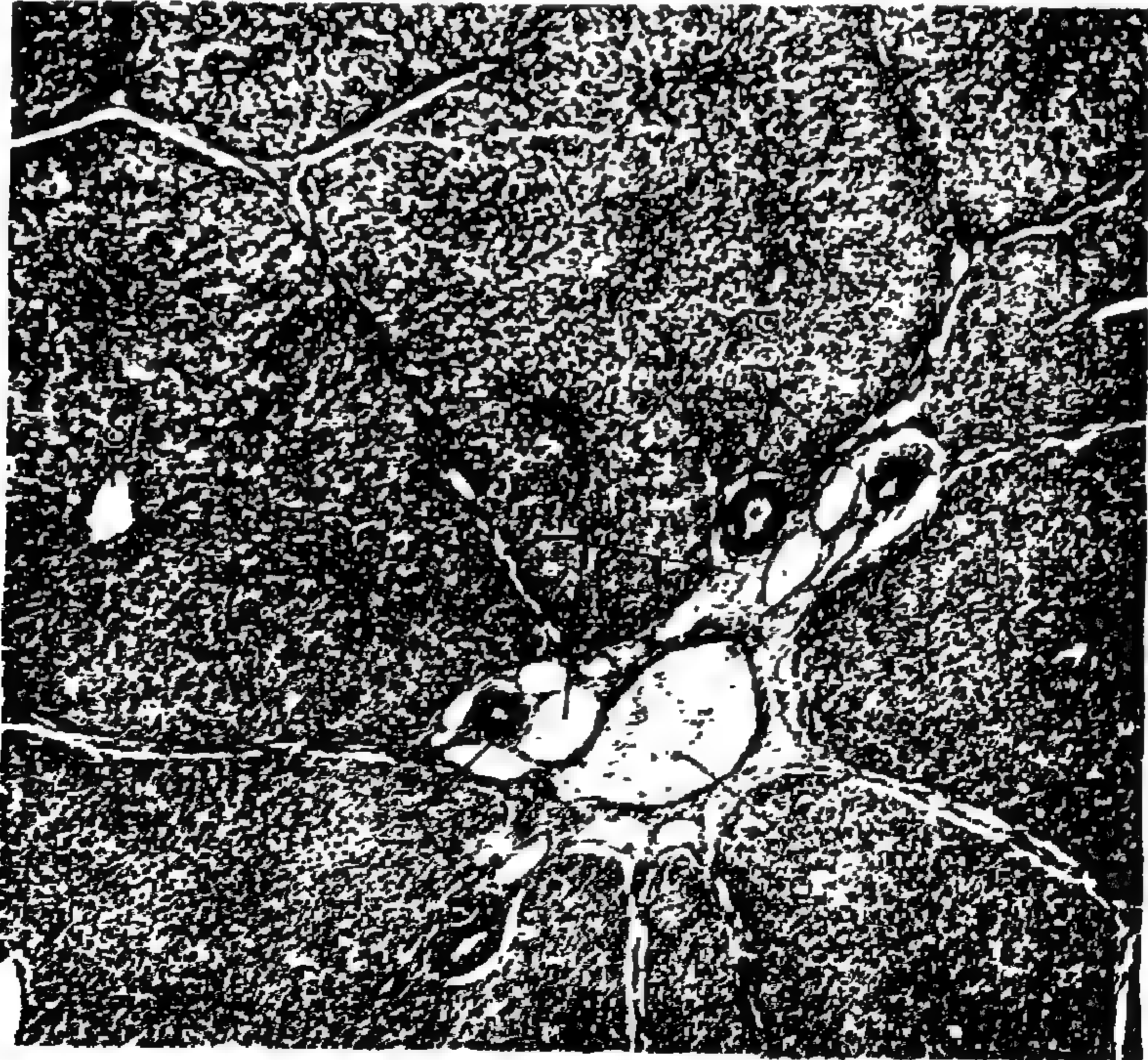
أولاً : تنبيه ميكانيكى للغشاء المخاطى ينتج من وجود الطعام بالأمعاء فثلاً إذا وضع فى قطعة الأمعاء المفصولة أنبوبة من المطاط لجمع الإفراز أو جسم صلب أدى ذلك إلى إفراز الغشاء المخاطى . ولا يعتمد هذا الإفراز الميكانيكى على اتصال الأمعاء بالجهاز العصبى الرئيسى ولكنه ينتج من فعل عصبى موضعى يكفى لحصوله وجود الشبكة العصبية الموجودة بين عضلات الأمعاء (Auerbach's plexus) فلا يحدث إذا خدرت هذه الشبكة بمحلول الأتروبين أو الكوكايين .

ثانياً : تنبيه كيميائى للغشاء المخاطى ينتج من وجود الطعام بالأمعاء كالدهن والصابون والبروتينوز ومائيات الكربون — وكذلك من وجود حامض الكلوردربك . ويقول باقلوف إن وجود عصير البنكرياس فى الأمعاء من أكبر العوامل على استدرار إفرازها ، وبذلك نرى أن عصير البنكرياس نفسه يدعو إلى إفراز عصير الأمعاء الذى يحتوى على المساعد اللازم لعمل خلية البنكرياس المهمة ، أى التربسين .

وهذا التنبيه الكيميائي ينتج عن فعل عصبي موضعي كالتنبيه الميكانيكي .
ويدعى البعض أن للافرازين المقدرة على استدرار إفراز الأمعاء الدقيقة
كما يستدر إفراز البنكرياس والكبد - ولو أن هذه النقطة مشكوك في صحتها .
إفراز المخاطين : يفرز المخاطين بواسطة الخلايا القدية (Goblet Cells)
الموجودة في خمل الأمعاء . وليس للأعصاب تأثير على إفراز المخاطين
ولكنه ينتج من تنبيه الغشاء المخاطي كيميائياً أو ميكانيكياً . فمثلاً يفرز المخاطين
إذا وضع بالأمعاء محلول نترات الفضة أو اليود أو أى مواد مهيجة ووظيفة
المخاطين أنه يكسو الغشاء المخاطي للأمعاء ويحفظه كما أنه يكسب محتويات
الأمعاء لزوجة تسهل من حركتها .

إفراز الكبد

الكبد أكبر غدة في الجسم ؛ (شكل ٢٣) ولها وظائف كثيرة تجعلها
أساسية للحياة وتقع على مجرى الدم الوارد من الأمعاء والذي يحمل نتائج



(شكل ٢٣)

قطاع ميكروسكوبي للكبد (عن شيفر)

هضم الطعام . وفي الكبد يجرى تحويل كبير لمواد الطعام سنتكلم عنه فيما بعد ؛ وأما الآن فسنذكر وظيفة الكبد من حيث إفراز الصفراء فقط .

تركيب الصفراء : تحتوى الصفراء ، كما تفرز من الكبد ، على ٩٧,٥ ٪ من الماء ؛ وتفاعليها قاعدى وأسسها الايدروجينى ٨ — ٨,٦٠ ؛ وبها أملاح الصفراء جليكوكولات الصوديوم وتوروكولات الصوديوم (Sodium glycocholate and taurocholate) وأصبغ الصفراء بيليروبن وبيليردين (Bilirubin & Biliverdin) وكوليسترول وليسين وأحماض دهنية ومخاطين وأملاح غير عضوية . ولبعض هذه المواد — كأملح الصفراء — وظائف هامة فى عملية هضم الطعام وامتصاصه . وأما بعضها الآخر كأصبغ الصفراء فيفرز إلى الأمعاء فى طريقه إلى خارج الجسم مع البراز . من ذلك نرى أن الكبد يجب أن تفرز باستمرار لتنقى الدم من هذه الفضلات ؛ وفى الوقت نفسه يجب أن يصل الإفراز إلى الأمعاء فى الوقت المناسب — أى عند وجود الكيموس بها وتحصلا لذلك وجدت المرارة التى يتجمع فيها إفراز الكبد ولا يصل إلى الأمعاء إلا عند عملية الهضم . وتركز الصفراء فى أثناء وجودها بالمرارة . وذلك لأن جدران المرارة تمتص الماء وبعض الأملاح ، فى حين تفرز كثيرا من المخاطين والكوليسترول وتصير الصفراء بعد تركيزها فى المرارة حامضية ولها الأس الايدروجينى من ٥ الى ٦ .

أملاح الصفراء : وهى جليكوكولات وتوروكولات الصوديوم . ويتكون حامض جليكوكوليك من اتحاد حامض كوليك مع جليسين . وأما حامض توروكوليك فيتكون من اتحاد حامض كوليك مع تورين . ولتركيب حامض كوليك الكيميائى علاقة بالكوليسترول . ولكن إذا أعطى الإنسان أو الحيوان كوليسترول لايزيد من أملاح الصفراء . ويمكن للجسم أن يصنع أملاح الصفراء إذا أن أفرازها من ناصور صناعى يعمل فى قناة الصفراء .

يستمر في حالات الصيام المستمر مع أن الصفراء تترك الجسم إلى خارجه ولا تمتص ثانية؛ ويتحد حامض كولييك مع جليسين أو تورين في الكبد. ويستدل على ذلك بما يأتي:

١ — إذا ربطت قناة الصفراء في الحيوان زادت أملاح الصفراء في الدم؛ ولكن لا يحدث ذلك إذا استؤصلت الكبد.

٢ — في حالات إصابة الكبد المرضية يقل إفراز أملاح الصفراء كثيراً. وبعد وصول أملاح الصفراء إلى الأمعاء الدقيقة تمتص ثانية وتذهب إلى الكبد لتفرز مرة أخرى. وإذا أعطى حيوان أملاح الصفراء أمكن الحصول عليها كمثبات من ناصور صناعي في قناة الصفراء، مما يدل على امتصاصها وإفرازها ثانية بالكبد. ويحتوي دم الإنسان على ٢,٥ - ٦ مجم من أملاح الصفراء في كل ١٠٠ سم^٣؛ وتتضاعف هذه الكمية في حالات مرض الصفراء المتسبب من سد القنوات الصفراوية.

أصباغ الصفراء: وهي بيليروبين وبيليقردين. ويكثر البيليروبين في صفراء الإنسان وآكلات اللحوم. وتحتوي صفراء الطيور على بيليقردين فقط. ومصدر أصباغ الصفراء هو هيموجلوبين الدم الذي يتحلل مائياً أولاً إلى جلوبين أو هيم ثم يفقد الهيم الحديد ويتبقى پورفيرين الذي يتحول إلى بيليروبين وبأكسدة البيليروبين ينتج البيليقردين.

وقد كان يظن أولاً أن أصباغ الصفراء لا تتكون إلا في الكبد؛ ولكن ظهرت أدلة كثيرة أثبتت أن أصباغ الصفراء تتكون في كل خلايا الجهاز الشبكي الاندوثليومي (Reticulo Endothelial System) وعلى ذلك فهي تتكون في خلايا كوففر (Kupfer) في الكبد، وفي الخلايا الأميبية في الطحال، وفي نخاع العظام والغدد الليمفاوية والأنسجة الضامة. ويثبت ذلك ما يأتي:

أولاً: كمية أصباغ الصفراء في دم الطحال الوريدي أكبر منها في الدم الشرياني.

ثانياً : زرعت خلايا من الجهاز الشبكي الاندوثليومى مع كرات دم حمراء فى أوساط خاصة ، ووجد أن الخلايا الشبكية الاندوثليومية تبتلع كرات الدم الحمراء وتكون بداخلها الحديد والبيرومين .

ثالثاً : أمكن استئصال الكبد من الكلاب وبقائها حية عدة ساعات بوساطة حقنها فى الوريد بمحلول سكر العنب حتى لا تموت من نقص سكر الدم . وقد وجد أن كمية أصباغ الصفراء تزداد باستمرار فى الدم حتى الوفاة . ويوجد فى دم الانسان من ٠,١ — ٠,٥ مجم من أصباغ الصفراء فى كل ١٠٠ سم^٣ من البلازما . وفى الأمعاء يمتزج البيلرومين والبيلثريدن بوساطة تعفن بكتريولوجى الى يوروبيلينوجين (Urobilinogen) الذى يظهر جزء منه فى البراز على شكل ستركوبيلين (Stercobilin) بعد أن يتأكسد فى الهواء ويمتص جزء منه ليفرز بالبول ويتأكسد بالبول الى يوروبيلين (Urobilin) بعد إفرازه .

الكوليسترول (Cholesterol) : توجد مقادير كبيرة منه فى الصفراء . وتساعد على ذوبان أملاح الصفراء ونسبة الكوليسترول الطبيعية هى من $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ وإذا زادت هذه النسبة الى $\frac{1}{3}$ ترسب الكوليسترول . ولهذا الحقيقة أهمية فى أسباب تكوين الحصى فى المرارة والقنوات الصفراوية .

وظائف الصفراء

فضلاً عن أن الصفراء هى طريق إفراز أصباغ الصفراء الى خارج الجسم فان لأملاح الصفراء وظائف هامة فى الأمعاء وهى :

١ — هضم الدهن وذلك كما سبق أن ذكرنا (صفحة ٨٦) لأن أملاح الصفراء تساعد على تكوين مستحلب للدهن فى الماء إذا كان الوسط قاعدياً كما تساعد عمل ليبز البنكرياس حتى فى حالة ما إذا كان الدهن يذوب فى الماء .

٢ — امتصاص الدهن: إذا ربطت قناة الصفراء في حيوان مر معظم الدهن الذي يؤخذ في الطعام مع البراز على شكل أحماض دهنية ، مما يدل على أن عملية الهضم أمكنها أن تتم بدون أملاح الصفراء في حين لم تتم عملية الامتصاص — وهذا يثبت أن أملاح الصفراء أكثر أهمية لعملية امتصاص الدهن من عملية هضمها ويظن أن أملاح الصفراء تتحد مع الأحماض الدهنية وأن الأحماض الدهنية تمر من داخل القناة الهضمية إلى الخلايا المبطنة لغشاء الأمعاء المخاطي متحدة مع أملاح الصفراء .

٣ — تذيب أملاح الصفراء الكوليسترول والأرجوستيرول وفيتامين د وبذا تساعد على امتصاص هذه المواد . وإذا عملت فتحة صناعية في قناة الصفراء تفتح إلى الخارج وتمنع وصول الصفراء إلى الأمعاء الدقيقة قلت كمية أملاح الكالسيوم في الجسم وظهرت أعراض نقص فيتامين د ؛ ولكن إذا حقن فيتامين د أو إذا أعطى عن طريق الفم مع أملاح الصفراء لا يحدث ذلك .

٤ — إذا منعت أملاح الصفراء من القناة الهضمية وبقي الدهن بلا هضم ولا امتصاص أدى ذلك إلى وجود طبقة دهنية حول جزيئات البروتينات الموجودة في الطعام ، وبذا تحميها من أن تهضم بخمائر البروتينات وتصبح وسطا صالحا لنمو الجراثيم وللتعفن المعوي .

٥ — وكذلك يقال أن أملاح الصفراء تنبه حركات الأمعاء ؛ ولكن ربما كانت هذه الوظيفة أيضاً ناتجة من مساعدتها لهضم الدهون وامتصاصها ، وبذا تمنع تأثير الدهن الرادع لحركات الأمعاء .

زيت الزيت
٦ — ثبت حديثاً أنها ضرورية جداً لامتصاص فيتامين ك (K) وقد ادعى بعض العلماء أن فيتامين ك هو أملاح الصفراء .

كيفية إفراز عصير الصفراء

تفرز الكبد باستمرار ؛ ويتجمع هذا الإفراز في المرارة ولا يصب في الاثني عشر إلا عند ما يتناول الانسان الطعام . ويبدأ مرور الصفراء إلى الاثني عشر بسرعة بعد تناول الطعام ؛ ويستمر بضع ساعات بعد ذلك ويبلغ الإفراز قمته حوالي الساعة الثالثة بعد تناول الطعام . أما الطرق والأسباب التي تؤدي إلى مرور الصفراء إلى الاثني عشر فهي :

أولاً : تجهز المرارة بألياف من العصب الرئوي المعدي ، ومن العصب السمپاثوى . فاذا نبه الأول انقبضت المرارة وارتخت العضلة العاصرة التي عند فتحة قناة الصفراء (Sphincter of Oddi) . وأما إذا نبه الثاني فان جدران المرارة ترتخي . ويظن أن بداية مرور الصفراء إلى الاثني عشر ينتج من فعل شرطى يدعوا إلى مرور إشارات عصبية في العصب الرئوي المعدي تقبض المرارة وتقذف محتوياتها إلى الاثني عشر .

ثانياً : وجود الطعام وخصوصاً الدهن وزلال البيض في الاثني عشر يؤدي إلى إفراز هرمون بوساطة الغشاء المخاطي للأمعاء يمر في الدم إلى المرارة ويسبب انقباضها فتقذف محتوياتها إلى الاثني عشر . وقد سمى هذا الهرمون كوليستوكينين (Cholecystokin^{ين}_{ين}) . أى محرك المرارة . وقد استخرج ايڤى (Ivy) هذا الهرمون من الغشاء المخاطي للأمعاء ؛ ووجد أنه يقبض المرارة إذا حقن في الدم . كما وجد ايڤى أيضاً أنه إذا أخذ دم حيوان وقت هضم الدهن وحقن في حيوان آخر صائم أدى إلى انقباض مرارته ، وأما إذا حقن دم من حيوان صائم فلا يؤدي ذلك إلى انقباض مرارة الحيوان الآخر . وفضلاً عن مرور الصفراء المتجمعة في المرارة إلى الاثني عشر فان الكبد تكثر من إفراز الصفراء وقت هضم الطعام ، وذلك لأن :

أولاً : يؤثر الهرمون سكرتين على الكبد فيزيد من إفرازها كما يزيد من إفراز البنكرياس .

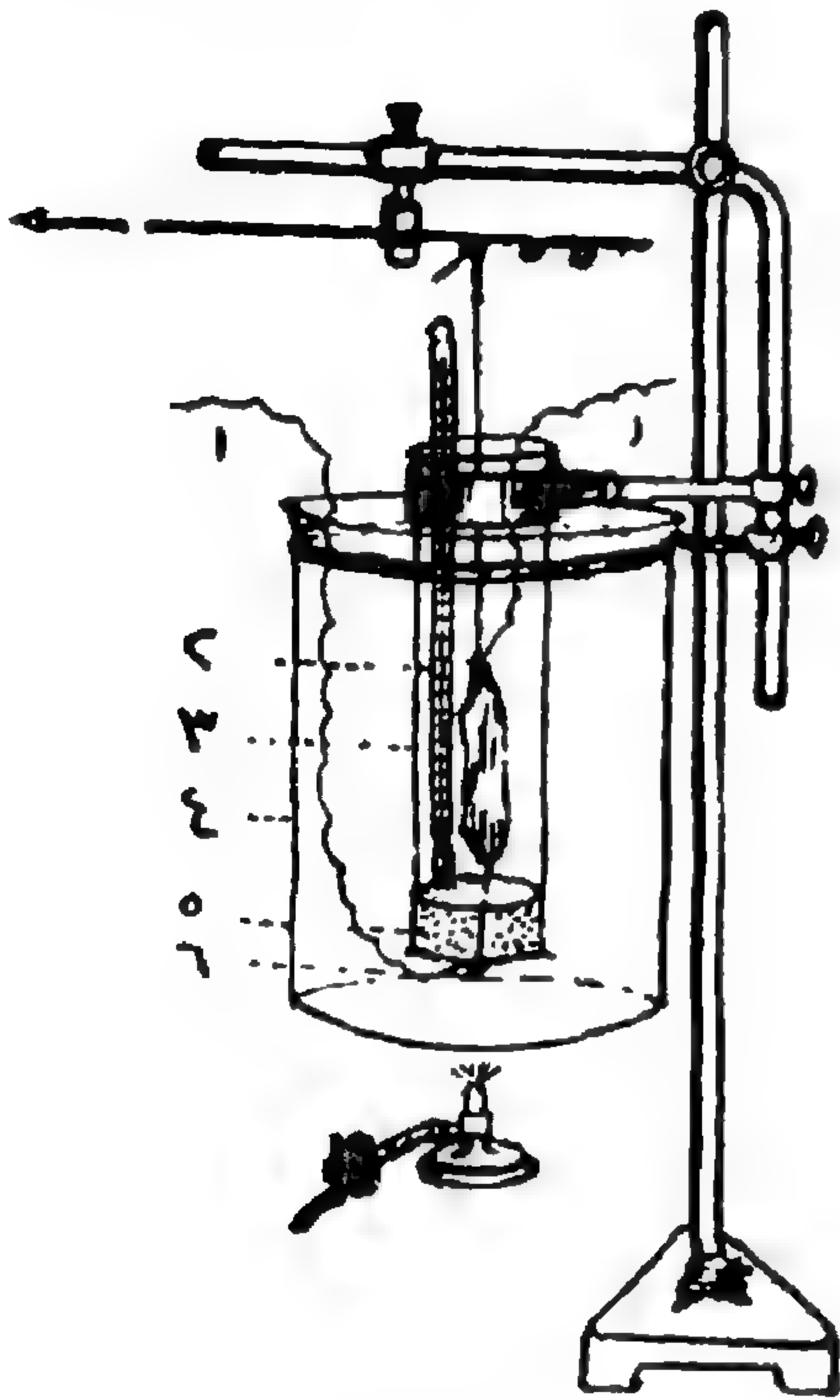
ثانياً : تدعو أملاح الصفراء إلى زيادة كبيرة في إفراز الكبد . فهي أكثر المواد استدراراً للصفراء . وقد رأينا أن أملاح الصفراء تمتص ثانية بعد مرورها إلى الاثني عشر . فإذا ما وصلت إلى الكبد نهت الإفراز ؛ وإذا أعطيت كمية من أملاح الصفراء إلى شخص أدت إلى إفراز كثير من الكبد يستمر يوماً أو يومين .

الباب الثاني

حركات الأمعاء الدقيقة

يمكن دراسة حركات الأمعاء الدقيقة بأحدى الطرق الآتية :

١ - تفصل قطعة منها خارج الجسم وتعلق في حمام محلول ملح فاتر



(شكل ٢٤)

(عن حمودة - الفسيولوجيا التجريبية)

١ - أسلاك معدنية يمكن بواسطتها

تنبيه قطعة الأمعاء كهربائياً

٢ - ترمومتر

٣ - أسطوانة زجاجية تعلق بها قطعة

الأمعاء وتحتوى على محلول تيرود

٤ - إناء زجاجى به ماء فاتر

٥ - قطعة من الفلين تسد الأسطوانة

٦ - خنثى معدنى تشبك به قطعة

الأمعاء والسلك الكهربائى

(درجة حرارة ٣٧) ، وتثبت نهايتها

في رافعة خفيفة ترسم الانقباضات (كما

في شكل ٢٤) . ويحتوى المحلول الملحي

على أيونات الكالسيوم والبوتاسيوم

والصوديوم والمغنسيوم بالنسب

الموجودة في البلازما ويسمى محلول

تيرود (Tyrodes Solution)

٢ - يوضع بداخل الأمعاء بالون

صغير متصل بمقياس حجم (كما في

شكل ٢٥) فإذا انقبضت الأمعاء ضغطت

على الهواء الموجود بالبالون ، ورفع ذلك

غطاء مقياس الحجم ، ورسمت الريشة

المثبتة عليه حركة الأمعاء - وتنخفض

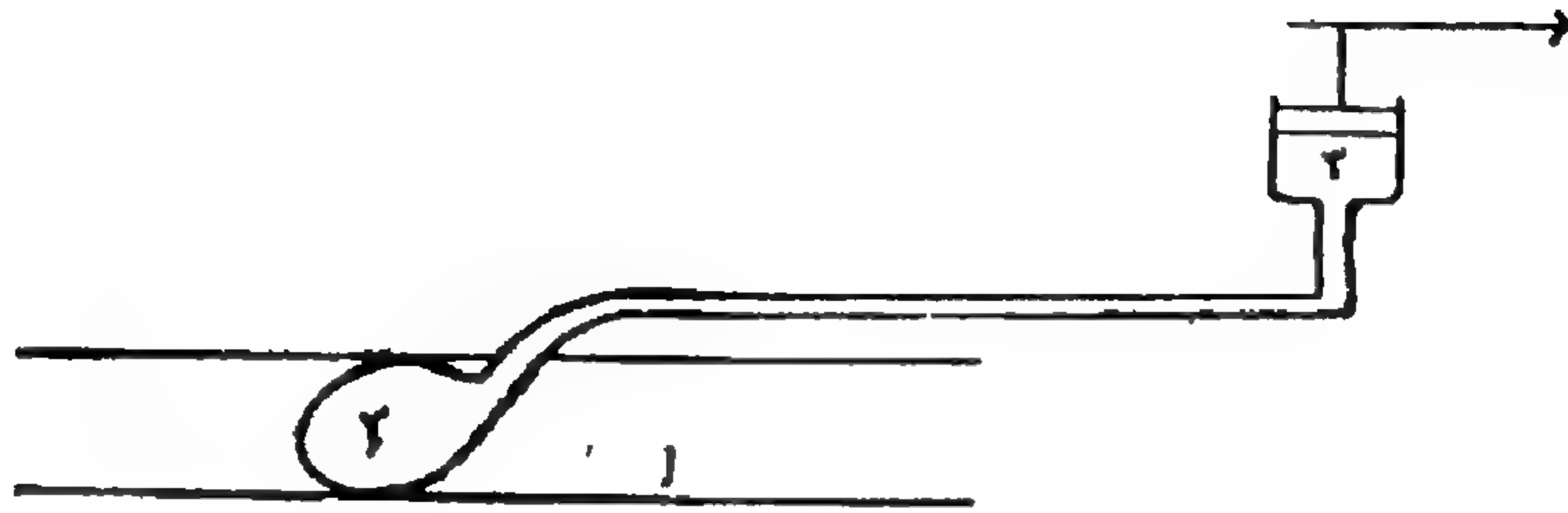
الريشة عند ارتخاء جدران الأمعاء

٣ - تفتح البطن في حوض به محلول

ملح الطعام ٠.٩ ٪ ودرجة حرارته

٣٧ مئوية ؛ وتلاحظ الحركات بالعين

المجردة وأما إذا تركت الأمعاء لتجف أو تبرد فإن حركتها تبطل .
 ٤ - وأحسن طريقة لدراسة حركات الأمعاء هي ملاحظتها بواسطة
 أشعة رونتجن بعد إعطاء الشخص أو الحيوان طعاما مخلوطا به كبريتات
 الباريوم .



(شكل ٢٠)

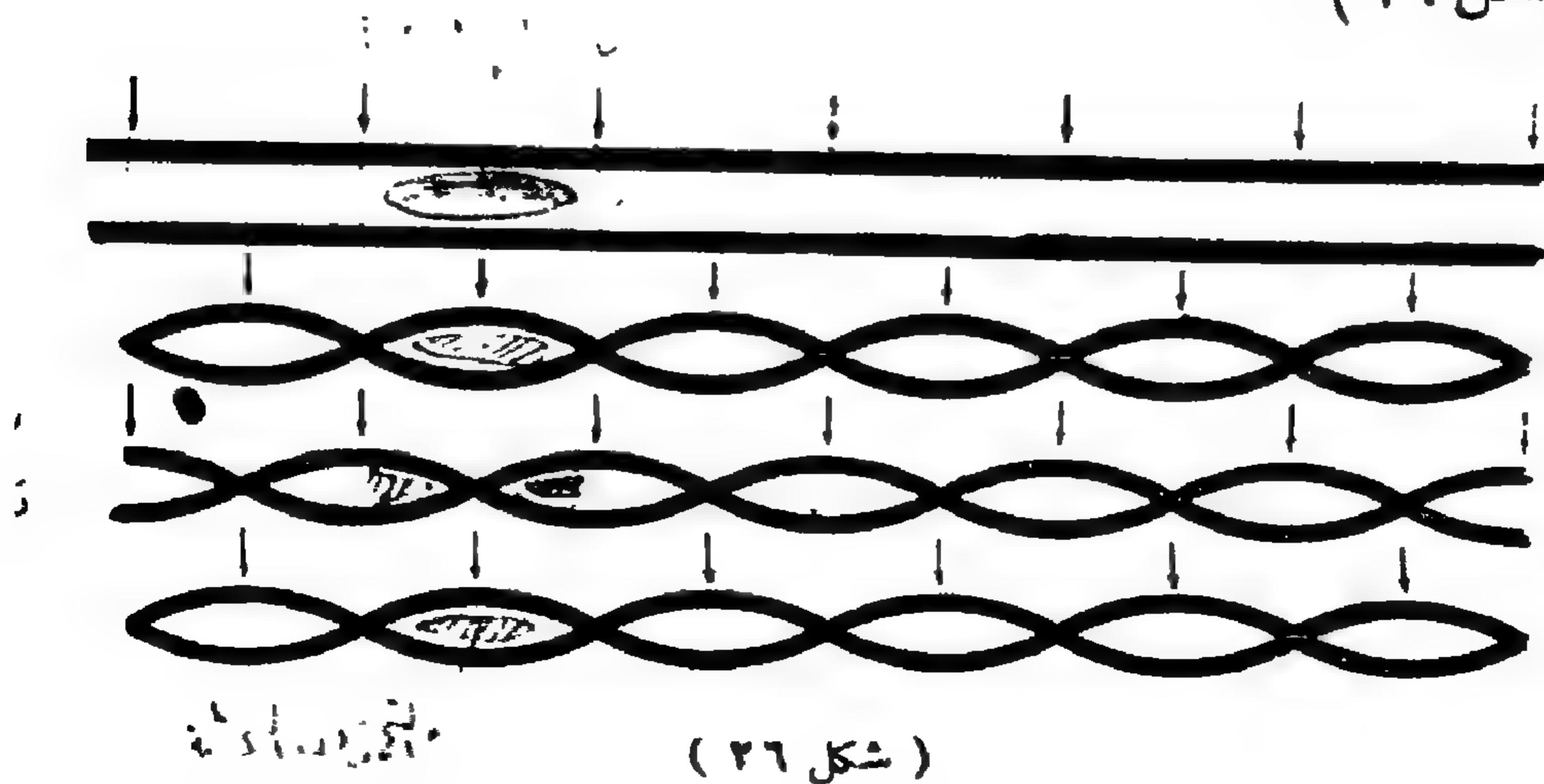
١ - قطعة الأمعاء ٢ - بالون ٣ - مقياس حجم

توجد ثلاثة أنواع من الحركات :

أولا : الحركات الدودية (Peristaltic) . وهي عبارة عن موجات انقباضية مسبقة بموجات ارتخائية . وهي تحدث نتيجة لوجود الطعام بالأمعاء ؛ وتسبب تقدمه نحو الأمعاء الغليظة . فإذا نبه جزء من الأمعاء الدقيقة ميكانيكياً أدى ذلك إلى انقباض في الجزء الذي يعلوه وارتخاء في الجزء الذي تحته . ويسبب وجود الطعام في الأمعاء هذا التنبيه الميكانيكي . وتستمر هذه الحركات الدودية بعد قطع جميع الأعصاب التي تربط الأمعاء بالجهاز العصبي الرئيسي ، ولكنها تعتمد على الشبكة العصبية الموجودة بين عضلات الأمعاء ؛ إذ تختفي عند تخدير الأمعاء بمحلول الكوكايين أو الأتروبين أو النيكوتين . وتعتبر هذه الحركات الدودية ناتجة من فعل عصبي موضعي (axon reflex) فوجود الطعام بالأمعاء ينبه نهايات الأعصاب في الغشاء المخاطي . ويتسبب عن هذا التنبيه مرور إشارات عصبية إلى جزء الأمعاء الموجود ناحية المعدة فينقبض . وإلى الجزء الذي تحت الطعام ناحية الأمعاء الغليظة فيرتخى . وتتم الموجات الدودية بسرعة سنتيمترين في الدقيقة ؛ ولكن

قد تكون أسرع من ذلك كثيراً بحيث تقطع جميع طول الأمعاء الدقيقة في دقيقة واحدة . ولا تحصل حركات دودية عكسية في الأمعاء الدقيقة يكون نتيجتها تحرك الطعام نحو المعدة إلا في الاثنى عشر الذى يختلف عن باقى الأمعاء الدقيقة من هذه الوجهة ، إذ ينتج عن وجود هذه الحركات الدودية العكسية بالاثنى عشر تحرك الطعام تارة بعيداً عن المعدة وتارة نحوها — وبذلك يمتزج جيداً بعصير البنكرياس والصفراء اللذين يصبان في الاثنى عشر .

ثانياً : **الحركات المجزئة (Segmenting)** — وهى أهم الحركات المعوية وأكثرها دواماً وانتظاماً . وتكون أكثرها وقوعاً في المعى الصائم (Jejunum) منها في المعى اللفائفى (Ileum) ، حيث تحدث نحو ١٢ مرة في الدقيقة . وهذه الحركات عبارة عن جملة انقباضات تحصل في وقت واحد في جدران الأمعاء ، فتجزى محتوياتها إلى أقسام متساوية صغيرة وبعد ثوان قليلة تنقبض جدران الأمعاء عند منتصف هذه الأقسام بحيث ينقسم كل منها إلى جزئين ، وفي الوقت نفسه ترتخى الانقباضات الأولى وبذلك تمتزج محتويات كل نصفين متجاورين . وتتكرر هذه العملية في الأقسام الجديدة كما هو مبين في (شكل ٢٦)



وتسبب هذه الحركات امتزاج الطعام بالخناثر امتزاجاً تاماً يساعد على هضم الطعام كثيراً ، وفضلاً عن ذلك تجعل هذه الحركات كل محتويات

الامعاء معرضة للغشاء المخاطي ، وبذلك يسهل امتصاص ما تم هضمه منها ولا ينتج من هذه الحركات أى تقدم للطعام نحو الامعاء الغليظة ولا تعتمد هذه الحركات المجزئة على الأعصاب بأى حال من الأحوال ، سواء كانت الأعصاب الخارجية التى تربطها بالجهاز العصبي الرئيسى أو الشبكة العصبية الموضعية الموجودة بين عضلات الامعاء إذ تستمر هذه الحركات بعد قطع جميع الأعصاب التى تجهز الامعاء وبعد تخدير الشبكة العصبية الموضعية بواسطة النيكوتين أو الكوكاين .

ثالثا : الحركات البندولية (Pendular) ولا تعرف أهميتها بالضبط ولكنها ترى إذا فتحت البطن . وهى عبارة عن حركات أجزاء طويلة من الامعاء تتحرك ذات اليمين وذات اليسار .

وفضلا عن هذه الحركات التى ترى بالعين المجردة هناك حركات أخرى ترى تحت الميكروسكوب ، وهى حركات خمائل الغشاء المخاطي (Intestinal Villi) . فهذه ترى تحت الميكروسكوب ، متحركة دائما أبداً فى كل الجهات وتارة تطول الخمائل وتارة تقصر . ولحركات الخمائل أهمية عظيمة فى مساعدة امتصاص الأطعمة . وينبئ حركات الخمائل هرمون يسمى فيليكينين (Villi Kinin) أى محرك الخمائل : وهو يفرز بواسطة الغشاء المخاطي للامعاء نتيجة لوجود بعض نتائج هضم الطعام وخصوصا الأحماض الأمينية .

أعصاب الامعاء : ولو أن حركات الامعاء تستمر بعد قطع جميع الأعصاب التى تربطها بالجهاز العصبي الرئيسى إلا أن لهذه الأعصاب المقدرة على التأثير فى حركات الامعاء فلو نبه العصب الرئوى المعوى ازداد النشاط العضلى للامعاء وكثرت حركاتها عددا وقوة . وأما إذا نبهت الأعصاب السمپاثوية الموجودة بالعصب الحشوى (Splanchnic) فإن الامعاء ترتخى وتختفى الحركات المعوية كلها .

المصرة العاصرة اللفائفية القولونية : (Ileo colic sphincter) وهي عبارة عن تضخم الطبقة المستديرة لعضلات الأمعاء بين المعى اللفائفي والمعى الأعور . وتعمل على شكل صمام يمنع رجوع محتويات المعى الأعور إلى المعى اللفائفي . وترتخي هذه العضلة أمام الضغط الناشئ عن حركات الأمعاء الدقيقة ، فتمر المحتويات إلى المعى الأعور . وليس للعصب الرئوي المعدى تأثير في هذه العضلة ، ولكنها تنقبض عند تنبيه العصب السمپاثوى فتقفل ما بين الأمعاء الغليظة والدقيقة إقفالا محكما .

الباب التاسع

وظائف الامعاء الغليظة

تختلف وظائف الامعاء الغليظة على حسب طبيعة الطعام الذي يتغذى به الحيوان . ففي الحيوانات آكلة اللحوم (Carnivorous) نجد أن الامعاء الغليظة قصيرة وقليلة الفائدة من وجهة هضم الطعام إذ أنه لا يصلها شيء يذكر من المواد الغذائية التي تمتص كلها تقريباً في الامعاء الدقيقة ، وأما في الحيوانات آكلة الأعشاب فنجد الامعاء الغليظة طويلة ولها فائدة كبيرة إذ توجد معظم المواد الغذائية النباتية داخل أغشية الخلايا المكونة من الخليور (Cellulose) . وليس للخمائر التي درسناها للآن أية مقدرة على هضمه ، وعلى ذلك يصل مقدار كبير من الغذاء الى الامعاء الغليظة ، حيث يتحلل الخليوز بوساطة البكتيريا الموجودة في كثرة ، وكذلك بوساطة الخميرة (Cytase) الموجودة بداخل الخلايا النباتية نفسها . وتقل فائدة الامعاء الغليظة في الحيوانات آكلة الأعشاب المجتررة ؛ إذ أن الكرش أو المعدة الأولى بها تقوم بوظيفة تحليل الخليوز (انظر ص ٨٣) . وتكون الامعاء الغليظة في الانسان وسطاً بينها في الحيوانات آكلة الأعشاب وفي الحيوانات آكلة اللحوم من حيث حجمها وفائدتها . وأما فوائد الامعاء الغليظة فهي :

أولاً : هضم الخليوز — وفائدة ذلك عظيمة عند ما يتكون جزء كبير من الطعام من المواد النباتية كالفواكه والخضروات والحبوب .

ثانياً : امتصاص جزء كبير من الماء الذي يصلها من المعى اللفائفي مع بقايا الطعام والافرازات — فقد وجد أنه يمر من الصمام اللفائفي القولوني نحو ٥٠٠ سم^٣ من الماء يومياً ، يمتص منها في الامعاء الغليظة ٤٠٠ سم^٣ تقريباً والباقي يخرج مع البراز .

ثالثاً : امتصاص بعض نتائج هضم الطعام التي لم يسمح الوقت بامتصاصها في الأمعاء الدقيقة — فالأمعاء الغليظة المقعدة على امتصاص الجلوكوز والأحماض الأمينية ولو أن سرعة الامتصاص أقل كثيراً منها في الأمعاء الدقيقة . وتستعمل هذه الفائدة طيباً في إعطاء حقن شرجية مغذية للرضى الذين لا يمكن إعطاؤهم شيئاً عن طريق الفم لسبب من الأسباب .

رابعاً : إخراج بعض المواد — كالسيوم والمغنسيوم والزنك والحديد . وأما أملاح الكالسيوم فيخرج جزء منها في البول والجزء الآخر في البراز . فإذا كان هناك كثير من الفوسفات كثرت نسبة أملاح الكالسيوم في البراز حيث تظهر كفسفات الكالسيوم الغير القابلة للذوبان . وبالعكس ذلك إذا تكونت أحماض كثيرة في الجسم زادت نسبة أملاح الكالسيوم في البول وقلت في البراز . ففي الحيوانات الآكلة الأعشاب يفرز بالبول ٥ ٪ فقط من أملاح الكالسيوم ؛ إذ أن الغذاء النباتي يزيد القواعد بالجسم . وتزيد هذه النسبة في الحيوانات آكلة اللحوم إلى ٢٥ — ٣٠ ٪ إذ أن الغذاء الحيواني يكون كثيراً من الأحماض (أنظر باب تفاعل الدم بالجزء الثاني) . ويتبع المغنسيوم في إخراجه من الجسم الطريقة التي يتبعها الكالسيوم نفسها . ويخرج معظم الحديد في الأمعاء الغليظة ويظهر في البراز ككبريتيد الحديد . خامساً : تكوين البراز وتخزينه حتى يقذف إلى الخارج بعملية التبرز في الوقت المناسب .

حركات الأمعاء الغليظة

تجهز الأمعاء الغليظة بنوعين من الألياف العصبية : أولها من الأعصاب الباراسمپاثوية ، ويسمى بالعصب الحوضي نظراً لأنه يجهز معظم أعضاء الحوض . وإذا نبه هذا العصب ازدادت حركات الأمعاء الغليظة والمستقيم وارتخت عضلة الشرج العاصرة الداخلية (Internal anal sphincter) ، وهي

عضلة غير إرادية تتكون من تضخم طبقة العضلات الدائرية في جدار الأمعاء وثانيهما من الأعصاب السمباثوية ؛ وإذا نبه ارتخت عضلات الأمعاء الغليظة وبطلت حركاتها وزاد النشاط العضلي في العضلة العاصرة الداخلية للشرح . وتنهى هذه الأعصاب في شبكة عصبية (Aurbach's plexus) توجد بين عضلات جدران الأمعاء .

بعد ساعتين تقريباً من تناول الإنسان الطعام يبدأ القولون في الامتلاء إذ أنه كلما وصلت إحدى الموجات الدودية للأمعاء الدقيقة إلى آخر المعى اللفائفي ترتخي العضلة اللفائية القولونية أمامها . وتمر بعض محتويات المعى اللفائفي إلى المعى الأعور ، ويستمر هذا المعى في الامتلاء . وقد تفرغ الأمعاء الدقيقة كل محتوياتها في الأمعاء الغليظة في مدة تتراوح بين ست ساعات وسبع . ومن البدهى أن هذه المدة تتغير بحسب نوع الطعام وكميته ، كما أنها تختلف من شخص إلى آخر . وأما ما يصل إلى الأمعاء الغليظة فهو سائل يحتوى على بقايا الطعام التي لم يمكن هضمها وامتصاصها في الأمعاء الدقيقة . وكذلك يصل إلى الأمعاء الغليظة بقايا إفرازات الغدد الهضمية المختلفة .

ينتج عن تمدد المعى الأعور بهذا السائل موجات انقباضية تدفع محتوياته ناحية القولون الصاعد . فإذا ما وصلت إلى الانحناء الكبدي للأمعاء الغليظة — أى إلى ملتقى القولون الصاعد بالقولون المستعرض — بدأت موجات انقباضية دودية عكسية تدفع المحتويات مرة أخرى ناحية المعى الأعور ؛ ولا ترجع المحتويات إلى المعى اللفائفي لبقاء العضلة اللفائية القولونية مقفلة وتستمر هذه الحركات الدودية والدودية العكسية حتى يمتص جزء كبير من الماء ثم يبدأ القولون المستعرض في الامتلاء وتصبح المحتويات أكثر جفافاً عند وصولها إلى الانحناء الطحالي . وبين حين وآخر تدفع هذه المحتويات الجافة بواسطة حركات دودية إلى القولون النازل ، فقولون الحوض الذي يمتلئ من أسفل إلى أعلى . وتمتص جدران قولون الحوض كثيراً من

الماء الموجود بمحتوياتها ، وما تبقى به يكوّن البراز . ويبقى المستقيم خالياً من البراز حتى ما قبل عملية التبرز .

وقد شوهدت حركات الأمعاء الغليظة في الانسان بعد إعطائه أملاح الباريوم . وقد وجد أن الحركات الدودية والدودية العكسية قليلة . وأهم الحركات هي حركات دودية كلية (mass peristalsis) تمر بطول الأمعاء الغليظة وتقذف ما بها إلى قولون الحوض وهذه الحركات تحدث ثلاث مرات أو أربع مرات في اليوم فقط . وقد تسبب من تناول الطعام ؛ وتنتج من فعل منعكس يسمى الفعل المنعكس المعدي القولوني (gastro colic reflex)

٢ التبرز (Defaecation)

هو العملية التي بوساطتها تقذف محتويات الأمعاء الغليظة إلى الخارج في ظروف مناسبة . ولو أن حركات الجزء الأعلى من الأمعاء الغليظة لا تعتمد إلا على الشبكة العصبية الموجودة بجدارها وتستمر بعد قطع كل اتصال بينها وبين الجهاز العصبي الرئيسي ، إلا أن حركات الجزء الأسفل من الأمعاء الغليظة التي تختص بعملية التبرز تعتمد كل الاعتماد على سلامة العصب الحوضي الذي يربطها بالجزء العجزي من النخاع الشوكي . فلو قطع العصبان الحوضيان — الأيمن والأيسر — أو أتنف الجزء العجزي من النخاع الشوكي — شلت حركات الجزء الأسفل من الأمعاء الغليظة والمستقيم . وأما إذا نبه هذان العصبان فان جميع العضلات التي في جدران الجزء الأسفل من الأمعاء الغليظة والمستقيم تنقبض بينما ترتخي العضلة العاصرة الداخلية للشرح

ففي الحالات الطبيعية يسبب تناول طعام الافطار الفعل المنعكس المعدي القولوني ، ويؤدي هذا الفعل إلى موجات انقباضية سريعة في الأمعاء تصل إلى أسفل القولون ، وتدفع البراز المتجمع في قولون الحوض إلى المستقيم . وينتج عن هذا التمدد الفجائي للمستقيم فعل منعكس مركزه العصبي في الجزء

العجزى من النخاع الشوكى ويؤدى إلى انقباض العضلات الجدارية للجزء الأسفل من الأمعاء الغليظة والمستقيم ، وارتخاء عضلتى الشرج العاصرتين الداخلية الغير الارادية والخارجية الارادية . وتتم إشارات هذا الفعل المنعكس فى العصب الحوضى الى العضلات الغير الارادية وفى العصب الحياى (pudendal) إلى العضلة العاصرة الخارجية للشرج ، وهذه العضلة إرادية . ويصحب حركات الأمعاء الغير الارادية حركات أخرى إرادية تساعد عملية التبرز ، فتقبض عضلة الحجاب الحاجز وعضلات جدران البطن فى حين تقفل فتحة المزمار — وبذلك يزداد الضغط داخل البطن ، مما يساعد على دفع البراز إلى الخارج . وتقبض العضلات التى فى قاع الحوض وبذا تدعم قاع الحوض ضد زيادة الضغط داخل البطن . ولانقباض العضلات الارادية التى فى قاع الحوض ، كعضلة الشرج الرافعة (levator ani) ، فى أواخر عملية التبرز فائدة أخرى إذ تعصر المستقيم وتقذف مابه من أى بقايا للبراز

كما تقدم نرى أن عملية التبرز تتوقف على أفعال منعكسة كما تتوقف على أفعال إرادية لاتمامها . ويمكن منع حدوثها بوساطة الإرادة عند امتلاء المستقيم بالبراز بوساطة انقباض العضلة العاصرة الخارجية للشرج وعضلات قاع الحوض . ويحدث ذلك إذا امتلأ المستقيم فى أوقات غير مناسبة لعملية التبرز . ويتسبب من انقباض هذه العضلات الارادية أفعال منعكسة تؤدى إلى ردع حركات الأمعاء الغليظة .

البراز (The faeces)

يشتق البراز من مصدرين — خارجى وداخلى — فالمصدر الخارجى هو ما يتبقى من الطعام بعد هضمه وامتصاصه ويتكون معظم هذا الجزء من الخليوز . والمصدر الداخلى هو ما ينتج من القناة الهضمية نفسها ويتكون من بقايا إفرازات القناة الهضمية والصفراء التى لم تمتص ثانية ومن خلايا دموية

بيضاء وخلايا الغشاء المخاطي للقناة الهضمية وكثير من الجراثيم التي تكون ٩ ٪ من مواد البراز الصلبة

ولا ينتج معظم البراز — كما يظن لأول وهلة — من بقايا الطعام . إذ أن معظم البروتينات والدهون ومائيات الكربون تمتص في الأمعاء وفي الأحوال الطبيعية لا يتبقى شيء منها ليخرج بالبراز اللهم إلا ما هو ليس قابلا للهضم كالخليوز . ويزيد الخليوز كمية البراز لأنه . أولا لا يهضم ولا يمتص بل يخرج بالبراز . وثانيا ينبه إفرازات القناة الهضمية فيزيد من المصدر الثاني للبراز ولو استثنينا الخليوز من الطعام أو لو جعلنا كميته ثابتة كان تركيب البراز ثابتا ولا يتأثر بتغيير نوع الطعام . ويستمر إفراز البراز في حالة الصيام التام ويكون تركيبه مماثلا لتركيب البراز الطبيعي ولو أن كميته تقل نظرا لأن الطعام ينبه إفرازات القناة الهضمية

وتفاعل البراز الطبيعي متعادل أو يميل قليلا إلى الحموضة أو إلى القاعدية ويفرز ببراز الانسان يوميا من نصف جرام إلى جرام من الأزوت ويختلف الدهن الذي به كيمائيا عن دهن الطعام العادي ولكنه يماثل الدهن الموجود بالدم ويتكون معظمه من الليسيتين والكوبروسترول (coprosterol) الذي ينتج من اختزال الكولسترول بوساطة البكتريا وكما ذكرنا آنفا تخرج بالبراز أملاح الكالسيوم والمغنسيوم والفوسفات والحديد

وينتج لون البراز من أصباغ الصفراء فتختزل البكتريا الموجودة بالأمعاء البيليروبين إلى يوروبيلينوجين الذي يسمى أيضا ستر كوبيلينوجين وهذا يتأكسد عند تعرضه للهواء مع البراز إلى ستر كوبيلين وتنتج رائحة البراز من المواد العطرية إندول وسكاتول وغيرها (indole and skatole) ويشتهقان من الحمض الأميني تربتوفان وذلك بوساطة البكتريا التي تفصل منه مجموعة الأمين ثم مجموعات من الكربوكسيل

الباب العاشر

امتصاص الاطعمة (Absorption)

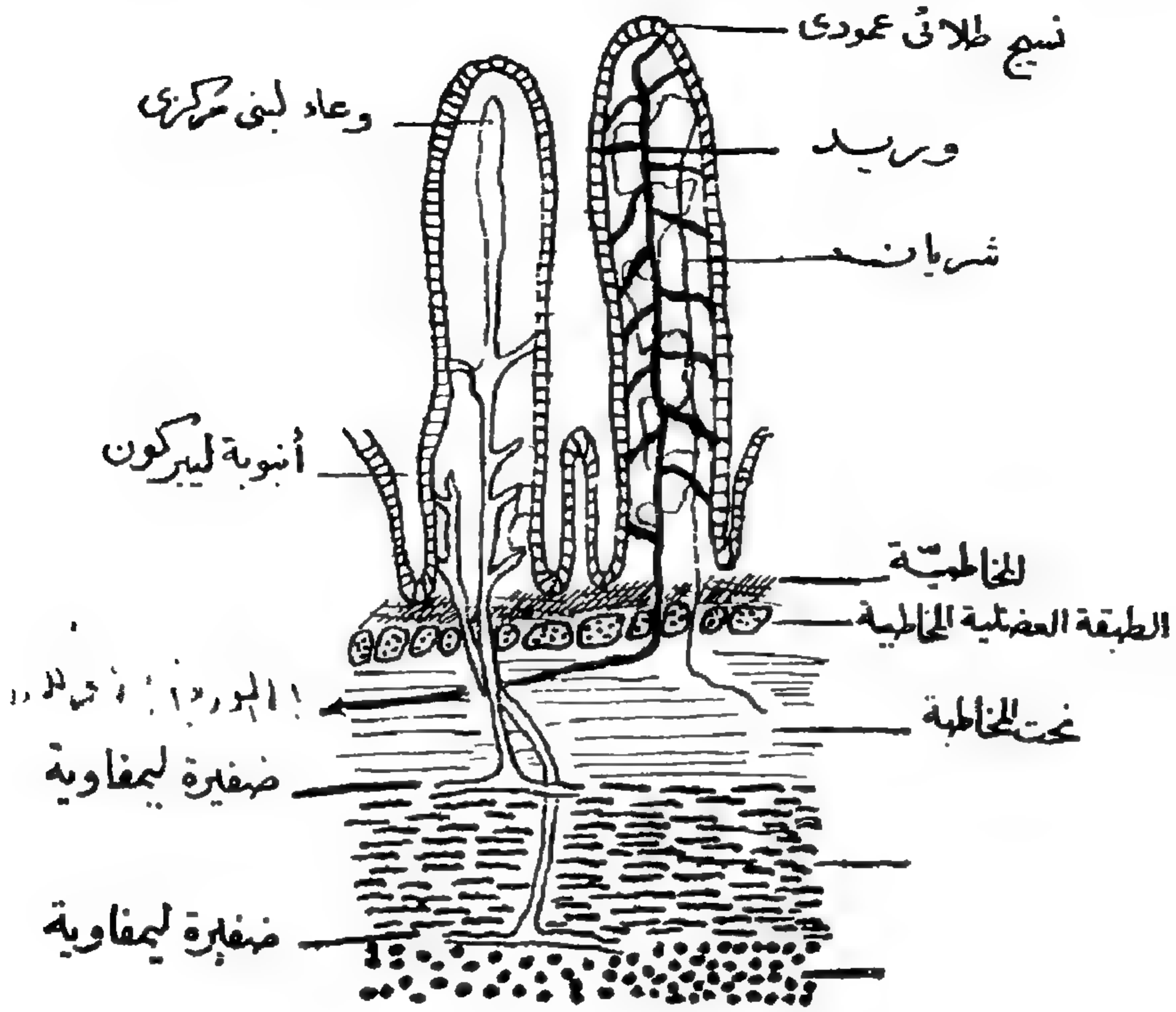
نحلل عملية الهضم مواد الطعام ذات الجزيئات الكبيرة إلى مواد ذات جزيئات صغيرة يمكنها أن تمر من الغشاء المخاطي للقناة الهضمية بسهولة إلى الدم لتوزع على أنسجة الجسم ؛ والامتصاص هو العملية التي يتم بواسطتها مرور نتائج هضم الطعام الى الدم

مظهر الامتصاص - ليس للمعدة وظيفة تذكر في عملية الامتصاص فلا يمتص بها شيء اللهم إلا قليلاً جداً من سكر العنب والكحول فاذا كان هناك ضيق في فتحة البواب نتيجة لورم خبيث بها مثلاً منع مرور محتويات المعدة الى الأمعاء الدقيقة وحرَم الجسم من الاستفادة من الطعام وتكون أهم الاعراض في هذه الحالة مسببة من قلة كمية الماء بالجسم (dehydration) إذ ان الماء أيضاً لا يمتص من جدار المعدة

ويجري معظم امتصاص الأطعمة في الأمعاء الدقيقة ويساعد على ذلك وجود الخنازل في غشائها المخاطي فبواسطة الخنازل تزداد مساحة الغشاء المخاطي كثيراً فيصير عشرة أمتار مربعة تقريباً .

وتتكون كل خلية كما في شكل ٢٧ من نسيج ضام شبكي تغطية طبقة من الخلايا الطلائية العمودية وطرف هذه الخلايا من ناحية تجويف الأمعاء مخطط بينما يرتكز الطرف الآخر على غشاء قاعدي (Basement membrane) يفصله عن النسيج الشبكي . ويحتوى النسيج الشبكي على كثير من كرات الدم البيضاء . ويوجد في وسط كل خلية وعاء لبنى (central lacteal) مبطن بطبقة من الخلايا الطلائية الدقيقة وتتجمع الأوعية اللبنية من الخنازل العديدة في

شبكة من الأوعية اللمفاوية موجودة في الطبقة تحت المخاطية بجدار الأمعاء ويمر اللف من هذه الشبكة إلى القناة الصدرية اللمفاوية (Thoracic lymph duct)



(شكل ٢٧)

التي تحمل اللف إلى الدم ويغذى كل خيلة شريان صغير أو شريانين (arterioles) ثم يتفرع الشريان إلى شبكة من الشعريات الدموية (capillaries) توجد تحت الغشاء القاعدي ويرجع الدم ثانية من الخثائل بوساطة أوردة تتجمع مع بعضها مكونة أوردة كبيرة ثم تصب في الوريد الباني الذي يذهب إلى الكبد.

وعلى ذلك يوجد طريقان للامتصاص وهما الوعاء اللبني الموجود في وسط كل خيلة . والشعريات الدموية الموجودة تحت الخلايا الطلائية للخميلة . فيمتص الدهن في الوعاء اللبني ثم يمر إلى القناة الصدرية اللمفاوية ثم إلى الدم وهكذا لا يمر الدهن إلى الكبد أولاً وتمتص الأحماض الأمينية وأحاديات السكر عن طريق الأوعية الدموية إلى الوريد الباني وتمر في الكبد أولاً .

والأمعاء الغليظة المقدرة على الامتصاص ، ولو أن الامتصاص منها أبطء كثيراً من الامتصاص من الأمعاء الدقيقة ، وفي الأحوال الطبيعية في الإنسان نجد أن معظم محتويات الطعام تمتص من الأمعاء الدقيقة قبل وصولها إلى الأمعاء الغليظة — ويمتص من الأمعاء الغليظة الماء والجلوكوز والأحماض الأمينية ، وفي الأحوال المرضية التي يتعذر فيها إعطاء أى شئ عن طريق الفم كحالات الغيبوبة يمكن استعمال الحقن الشرجية المحتوية على محلول من الجلوكوز لتغذية المريض وخصوصاً لمنع حرمانه من الماء (١).

آلية الامتصاص (mechanism of absorption) : الامتصاص عملية حيوية (vital process) تقوم بها الخلايا الطلائية للخناثر لا يمكن تفسيرها بالقوانين الطبيعية الكيميائية المعروفة كقوانين الانتشار (diffusion) أو الضغط الأزموزي (osmotic pressure) وما ثبت أن الامتصاص عملية حيوية البراهين الآتية :

✓ أولاً — تزداد كمية الدم المارة بالأمعاء وتزداد كمية الأوكسيجين التي تستعملها جدران الأمعاء وقت عملية الامتصاص وهذه الزيادة أكثر بكثير من أن تسبب من زيادة حركات الأمعاء مما يدل على أن الخلايا الطلائية نفسها تستعمل كميات أكثر من الأوكسيجين وتصرف كمية أكبر من الطاقة في عملية الامتصاص. ولا يحدث ذلك إن كان الغشاء المخاطي للأمعاء غشاء غير حيوى تمر منه الأيونات المختلفة فقط نظراً لفرق بين تركيزها في تجويف الأمعاء وتركيزها في الدم أو نظراً لفرق في الضغط الأزموزي بين محتويات الأمعاء والدم أو نظراً لعوامل طبيعية كيميائية أخرى .

(١) وبلاحظ عدم ادخال المحلول في المستقيم بسرعة حتى لا تتمدد جدرانه تمدداً فجائياً لأن ذلك يسبب فعلاً منعكساً يدعو إلى تبرز المحلول (انظر ص ١٠٨) ويمكن منع ذلك بجعل مستودع الحقنة لا يعلو عن المريض إلا قليلاً (من ١٠ إلى ٢٠ سم) .

٢ — لا تمتص الهكسوزات كلها بسرعة واحدة ويمكن ترتيبها بحسب سرعة امتصاصها كما يأتي — الجالاكتوز فالجلوكوز فالفركتوز فالمانوز — وهذه كلها تمتص أسرع من البنتوزات فإذا منعنا جدار الأمعاء من استعمال الأوكسجين بإضافة سيانور البوتاسيوم إلى الدم أو إذا قللنا تفاعلاته الكيميائية بوساطة تبريده اختفت هذه الفروق في سرعة الامتصاص مما يدل على أنها ناشئة من عمل جدار الأمعاء نفسه وليس من فروق في خواص هذه الهكسوزات .

٣ — فصل جزء من الأمعاء الدقيقة عن باقيها وغسل الغشاء المخاطي من الخناثر التي قد تكون عالقة به ثم وضع بهذا الجزء بعض من سيرم الحيوان نفسه ووجد أنه يمتص بالتدريج دون أن يهضم . وثبتت هذه التجربة أن الامتصاص لا يتوقف على اختلاف في التركيب الكيميائي أو في الخواص الطبيعية الكيميائية بين محتويات الأمعاء والدم .

٤ — قورنت أملاح مختلفة للصوديوم من حيث قابليتها للامتصاص من الأمعاء وأمكن تقسيمها أربعة أقسام فالقسم الأول يحتوي على (كلورور وبرومور ويودور وخلات الصوديوم) وهي أملاح تمتص بغاية السهولة ويحتوي القسم الثاني على (أزوتات ولاكتات وساليسيلات الصوديوم) وهي أملاح تمتص بشيء من الصعوبة ويحتوي القسم الثالث على (كبريتات وفوسفات وسترات الصوديوم) وهي لا تمتص إلا بصعوبة كبيرة بحيث أنها تحجز الماء المذابة فيه وتمنعه من الامتصاص فتزيد من حركة الأمعاء ولذلك تستعمل هذه الأملاح كمسهلات والقسم الرابع يحتوي على (أوكسالات وفلورور الصوديوم) وهي لا تمتص بالكلية — ولا يمكن تفسير الاختلاف أو التشابه في قابلية الامتصاص بما هو معروف من خلاف في الخواص الكيميائية أو الطبيعية لهذه الأملاح إذ أن كل قسم منها يحتوي على أملاح عضوية وأخرى غير عضوية — كما وأن كل قسم منها يحتوي على أملاح تختلف عن بعضها في

سرعة انتشارها من الأغشية الغير الحية كما تختلف في الخواص الطبيعية الأخرى .
— ولو أنه واضح بما تقدم أن عملية الامتصاص عملية حيوية تقوم بها
خلايا الغشاء المخاطي للأمعاء إلا أن العوامل الطبيعية الكيميائية قد تؤثر عليها
بأن تبطئها أو تسرعها ومن هذه العوامل ما يأتي :

١- أولاً : الضغط الأوزموزي لمحتويات الأمعاء : إذا وضعنا بجزء من
الأمعاء محلولاً من ملح الطعام ضغطه الأوزموزي يساوي الضغط
الأوزموزي للدم (isotonic solution) امتص بسهولة في حين أنه إذا كان
ضغطه الأوزموزي أعلى من الضغط الأوزموزي للدم (Hypertonic) أمتص
بعض من الملح أولاً بدون الماء المذاب به ومر بعض من الماء من الدم الى
محلول الملح في تجويف الأمعاء لينخففه وهكذا تقل سرعة الامتصاص

٢- ثانياً : الضغط الموجود بتجويف الأمعاء : إذا زاد الضغط بتجويف
الأمعاء زادت سرعة الامتصاص وإذا قل الضغط قلت سرعة الامتصاص
٣- ثالثاً : حركات الأمعاء : تساعد حركات جدار الأمعاء الدقيقة عملية
الامتصاص مساعدة كبيرة والحركات المجزئة (ص ١٠٢) هي المهمة من هذه
الناحية فبوساطة هذه الحركات تحين الفرصة لكل جزء من محتويات الأمعاء
لأن يلاصق الغشاء المخاطي ويمتص . وكذلك تزيد هذه الحركات الضغط
بداخل الأمعاء مما يزيد سرعة الامتصاص وفضلاً عن ذلك فإن عضلات
الأمعاء تضغط أثناء انقباضها على الأوعية اللفافية والدموية التي فيها
وبذا تساعد مرور الدم الى الوريد البابي كما تساعد مرور اللف إلى القناة
اللفافية الصدرية ولا يمر الدم أو اللف في الجهة المضادة نظراً لوجود
صمامات في الأوعية اللفافية والدموية لا تسمح بالمرور إلا في جهة واحدة
فقط هذا وتساعد حركات الخناثر الامتصاص نظراً للتيارات التي تسببها
في محتويات الأمعاء ونظراً لأنها تساعد على تفريع الوعاء اللفي والشعريات
الدموية الموجودة بها

✓ رابعاً : الدورة الدموية في الأمعاء — لو منع مرور الدم في الأمعاء وقفت عملية الامتصاص ولا يرجع السبب في ذلك فقط الى أن الأحماض الأمينية وأحاديّات السكر يمتص في الدم مباشرة بل لأن الدم يقدم الى الغشاء المخاطي للأمعاء الاوكسجين اللازم للخلايا كي تستطيع أن تحصل على الطاقة اللازمة لها لتقوم بعملية الامتصاص .

هذا وهناك عوامل أخرى تساعد على امتصاص بعض أنواع الأطعمة دون غيرها فمثلاً يساعد الفيتامين د امتصاص الكالسيوم وتساعد أملاح الصفراء امتصاص الأحماض الدهنية والكوليسترول والفيتامين د ، ويساعد حامض الكلوردريك المعدي امتصاص الحديد من الأمعاء الدقيقة

التمثيل الغذائي العام

General Metabolism

الباب الحادي عشر

الهدم والبناء

ينقسم التمثيل الغذائي قسمين — الهدم (catabolism) والبناء (anabolism) — فالهدم عبارة عن تحليل المواد التي يتركب منها البروتوبلازم وأكسدها وتحويل ما بها من طاقة كامنة إلى عمل نافع كحركات الجسم المختلفة وإلى حرارة. والبناء هو تلك العملية التي بوساطتها يعوض البروتوبلازم عما يفقده في عملية الهدم ويتكون من تحويل نتائج هضم الطعام إلى بروتوبلازم في خلايا الجسم.

وقد عملت آلاف من التجارب أثبتت صحة القانون الأول للطبيعة والكيمياء لما يحدث بداخل الجسم. ويقول هذا القانون أن المادة والطاقة لا تولدان ولا تفنيان. فلا يقدر الجسم الحي أن يولد المواد العضوية أو الغير العضوية التي يتركب منها البروتوبلازم بل يجب أن يحصل على حاجته منها من الوسط المحيط به.

ويحصل الجسم على ما يحتاجه من الخارج عن طريق القناة الهضمية والرئتين. فبوساطة القناة الهضمية نحصل على الغذاء وبوساطة الرئتين نحصل على الأوكسيجين. وكل المواد العضوية التي نأخذها في الغذاء قابلة للأكسدة وأهم عناصرها الكربون والهيدروجين مع بعض من الأوكسيجين والازوت والكبريت. ويتأكسد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون؛ والهيدروجين

إلى الماء ، والكبريت إلى كبريتات ؛ وأما الأزوت فيتحول بالجسم إلى عدة مواد أزوتية أهمها البولينا (urea) وبأكسدة عناصر الطعام تنطلق الطاقة الكامنة التي به ويستعملها الجسم في حركاته المختلفة وتفاعلاته الكيميائية والطبيعية التي تكون في مجموعها الحياة وكذلك يظهر مقدار كبير من هذه الطاقة على شكل حرارة يفقدها الجسم إلى الجو المحيط به . ويخرج ما تبقى من فضلات أكسدة عناصر الغذاء من الجسم بوساطة أعضاء الإفراز كالكلى والرئتين والأمعاء الغليظة والجلد .

وقد عملت تجارب طويلة على الحيوان والإنسان حلل فيها الطعام تحليلاً وافياً وقدرت فيها كمية الأوكسيجين التي يستعملها الجسم وكذلك حللت في نفس الوقت الإفرازات المختلفة وأهمها البول والبراز وهواء الزفير وظهر من هذه التجارب أن عناصر الغذاء لا تفقد بالجسم ولكنها تتحول إلى مركبات أخرى تخرج من الجسم بعد أن يستعمل الجسم من الغذاء — كما ذكرنا — الطاقة الكامنة التي به .

وإذا زاد دخل الجسم عما يخرج منه أدى ذلك إلى زيادة وزن الجسم . وهذا هو الواقع في حالات النمو . وقد يزيد الدخل عن الخرج أيضاً في البالغين وفي هذه الحالة يخزن معظم الزائد على شكل دهن تحت الجلد وفي جهاث أخرى . إذ أن كمية ما يمكن تخزينه من مائيات الكربون والبروتين بالجسم محدودة جداً كما سنرى فيما بعد . وإذا تساوى الدخل والخرج بقى وزن الجسم ثابتاً وهو ما يحدث غالباً في الكبار الذين يتعاطون طعاماً صحيحاً كاملاً وأما إذا قل الدخل عن الخرج أو إذا صام الإنسان نقص وزن جسمه إذ يستعمل الشخص في هذه الحالة المواد العضوية المخزونة في جسمه كما يستعمل مواد البروتوبلازم نفسه للحصول على الطاقة اللازمة للحياة .

وقد قدرت الطاقة الكامنة في أنواع الأطعمة التي نأخذها وذلك بوساطة أكسدها خارج الجسم في مسعر إلى ثاني أكسيد الكربون والماء . . . الخ وقد وجد أن :

١ — كل جرام واحد من مائيات الكربون يتأ كسد خارج الجسم يولد ٤,١ سعراً حرارياً كبيراً (١).

٢ — كل جرام واحد من الدهن يتأ كسد خارج الجسم يولد ٩,٣ سعراً حرارياً كبيراً

٣ — كل جرام واحد من البروتين يتأ كسد خارج الجسم يولد ٥,٣ سعراً حرارياً كبيراً .

وعند أكسدة هذه المواد الغذائية في جسم الحيوان تعطى مائيات الكربون والدهون نفس الطاقة التي تتولد منها إذا أكسدت خارجه وأما البروتينات فيتولد منها داخل الجسم طاقة أقل من تلك التي تتولد خارجه ، وذلك لأن جزيئات الأحماض الأمينية لا تتأ كسد كلها أكسدة تامة داخل الجسم بل يخرج جزء كبير من الجزيئات بالبول على شكل بولينا ومواد أخرى لا يزال بها كميات من الطاقة الكامنة يمكن الحصول عليها عند أكسبتها في مسعر خارج الجسم أكسدة تامة . ولذلك يولد الجرام الواحد من البروتين عند استعماله داخل الجسم ٤,١ سعراً حرارياً كبيراً فقط بدلا من ٥,٣ سعراً حرارياً كبيراً ويبين (جدول ٢) القيمة الحرارية الطبيعية والقيمة الحرارية الفسيولوجية لأنواع الأطعمة الثلاث مقدرة بالسعر الحرارى الكبير للجرام الواحد

وأما المواد الغير العضوية فهي لا تولد أى طاقة بالجسم ولكنها أساسية للحياة ويجب أن توجد مقادير كافية منها بالطعام عوضاً عن تلك التي يفقدها الجسم باستمرار في إفرازاته المختلفة .

(١) السعر الحرارى هو كمية الحرارة التي تلزم لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية (من درجة ١٥ إلى درجة ١٦ مئوية) ولما كان هذا السعر صغيراً فقد استعمل سعر حرارى كبير للتقديرات الفسيولوجية . والسعر الحرارى الكبير يساوى ١٠٠٠ سعر حرارى صغير أى أن السعر الحرارى الكبير هو كمية الحرارة التي تلزم لرفع درجة حرارة كيلو جرام واحد من الماء من درجة ١٥ إلى درجة ١٦ مئوية .

(جدول ٢)

نوع الطعام	القيمة الحرارية الطبيعية	القيمة الحرارية الفسيولوجية
مائيات الكربون	٤,١	٤,١
الدهن	٩,٣	٩,٣
البروتين	٥,٣	٤,١

وقد قورن الدخل والخرج الحرارى للجسم فى تجارب عديدة عملت على الحيوان والانسان وفى هذه التجارب قدرت القيمة الحرارية للطعام الذى يؤكسده الجسم لعدة أيام كما قدرت كمية الحرارة التى يخرجها الجسم وذلك بواسطة طرق عديدة سنشرحها فيما بعد وثبت من هذه التجارب ثبوتاً قاطعاً أن الطاقة كالمادة لا يمكنها أن تتولد أو تفنى بالأجسام الحية .

وبين جدول ٣ بعض التجارب التى قام بها أتواتر وبنديكت (Atwater & Benedict) على عدة أشخاص

(جدول ٣)

عدد الأشخاص الذين أجريت عليهم التجربة	الحالة	عدد أيام التجربة	متوسط الدخل الحرارى فى اليوم محسوبا من الطاقة الكامنة للمواد التى أكسدها الجسم سعرا حراريا كبيرا	متوسط الخرج الحرارى فى اليوم مقدرا تجريبيا سعرا حراريا كبيرا	الفرق المئوى
٤	راحة	٤١	٢٢٤٦	٢٢٤٦	٠,٠
٣	شغل	٦٦	٤٦٨٢	٤٦٧٦	٠,١ -
٣	غذاء خاص	٢٦	٢٢٩٠	٢٣٠٥	٠,٧ +
٢	غذاء خاص وشغل	١٠	٣٧١٩	٣٧٠٢	٠,٥ -

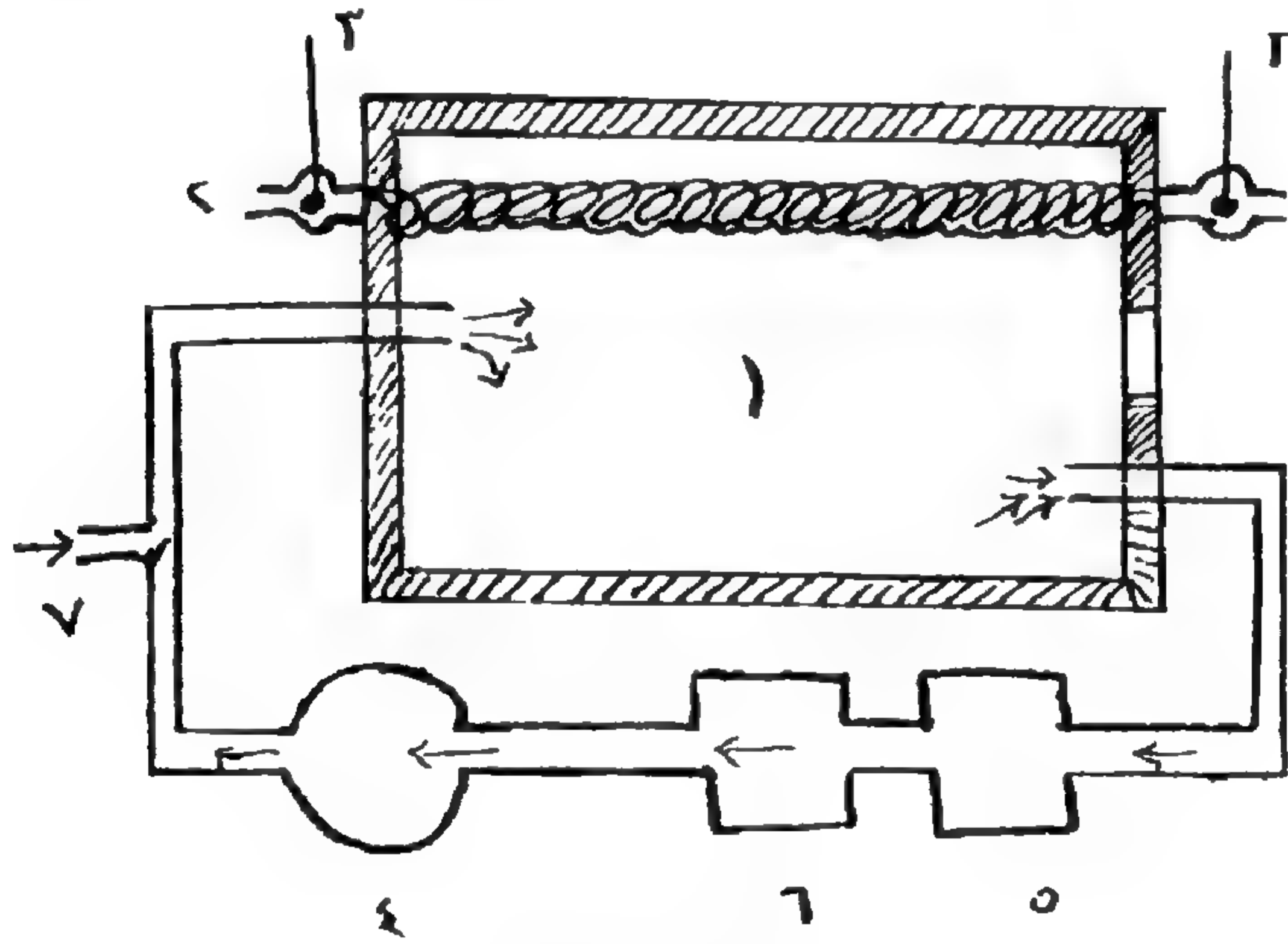
نرى من الجدول السابق أن الدخول الحرارى محسوباً من الطاقة الكامنة للمواد التى أكسدها الجسم يساوى تماماً المخرج الحرارى أى سرعة التمثيل الغذائى للجسم مقدراً تجريبياً وأن الفرق المئوى بين التقديرين ضئيل جداً بالنسبة لتعقد هذه التجارب وضخامتها بحيث انه يمكننا إهماله .

الطرق المستعملة فى تقدير سرعة التمثيل الغذائى

تنقسم هذه الطرق قسمين :

أولاً : التقدير الحرارى المباشر (Direct Calorimetry)

ثانياً : التقدير الحرارى الغير المباشر (Indirect Calorimetry)



(شكل ٢٨)

جهاز أنواتر وبندكت للتقدير المباشر للتمثيل الغذائى

- ١ — الغرفة التى يوجد بها الشخص .
 - ٢ — أنابيب المياه التى تمتص الحرارة
 - ٣ — ترمومترات حساسة .
 - ٤ — مروحة لتحريك الهواء .
 - ٥ ، ٦ — أوعية لامتصاص الماء وثانى أكسيد الكربون من الهواء .
 - ٧ — صنبور يتصل باسطوانة من الأوكسيجين لادخال الأوكسيجين إلى الغرفة .
- التقدير الحرارى المباشر : يتكون الجهاز (شكل ٢٨) الذى يستعمل فى هذه

الطريقة من غرفة راحة ، ذات جدران مزدوجة بينها مواد عازلة للحرارة . وتوسع الغرفة ما يحتاجه الشخص في الحياة العادية . فيمكن أن يوضع بها فراش ومنضدة ودراجة ثابتة تستعمل للقيام بمجهود يمكن تقديره . وكذلك يمكن تقديم الطعام للشخص من نوافذ مزدوجة تمنع تسرب الهواء أو الحرارة من داخل الغرفة إلى خارجها وتجعل درجة حرارة الجدران الداخلية والخارجية متساوية بوساطة تنظيم كهربائي وبذلك لا تفقد الحرارة من داخل الغرفة إلى خارجها عن طريق جدرانها . وتمتص الحرارة التي يولدها الجسم بوساطة ماء يجرى في أنابيب تمر داخل الغرفة . فإذا قيس درجة حرارة الماء الداخل إلى الغرفة ودرجة حرارة الماء الخارج منها وكمية الماء التي تمر في وقت معين أمكن تقدير كمية الحرارة التي يمتصها الماء وتقاس درجة حرارة الماء بوساطة ترمومترات كهربائية حساسة جداً . هذا وتلاحظ أيضاً وقت التجربة درجة حرارة الجسم نفسه بوساطة ترمومتر حساس يوضع بالمستقيم ويجب أن تكون درجة حرارة الجسم ثابتة وقت قياس سرعة التمثيل الغذائي . إذ أنها إن زادت دل ذلك على أن الجسم لا يفقد للغرفة كل ما يتكون به من حرارة تنتج من تمثيله الغذائي ويدعو ذلك إلى نقص في نتيجة التقدير وأما إن قلت درجة حرارة الجسم أدى ذلك إلى زيادة في نتيجة التقدير . وعليه يجب تصحيح الخطأ الذي ينتج عن تغيير في درجة حرارة الجسم نفسه وقت التجربة ولهذا التصحيح قدرت الحرارة النوعية لأنسجة الجسم بمقدار ٠,٨٣ . من السعر تقريباً (١)

وبوساطة مروحة خاصة يمرر هواء الغرفة في أوعية تمتص ما به من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون ويضاف إليه الأوكسيجين . ويمتص بخار الماء بوساطة خرز زجاجي مبلل بحامض الكبريتيك يوجد في أول وعاء يمر به هواء الغرفة ولما كان بخار الماء يتبخر من الجلد والرئتين فإنه يأخذ من الجسم حرارة التبخير الكامنة (Latent heat of evaporation) ولذلك يجب أيضاً تقدير كمية الحرارة الكامنة في بخار الماء . ولحساب ذلك ضرب عدد جرامات الماء التي يمتصها حامض الكبريتيك في ٥٨٠ . وهذا العدد عبارة عن حرارة التبخير الكامنة مقدرة بالسعر الكبير لكل جرام من الماء يتبخر عند درجة حرارة جلد الجسم . وتلخيصاً لما تقدم نقول أن

(١) الحرارة النوعية هي مقدار الحرارة التي تلزم لرفع درجة حرارة كيلو جرام من الجسم درجة واحدة مئوية . (يستعمل السعر الكبير في كل التقديرات الفسيولوجية انظر هامش صفحة ١١٩) .

سرعة التمثيل الغذائى بهذه الطريقة تساوى كمية الحرارة التى يمتصها الماء الذى يمر بال غرفة فى وقت معين زائداً كمية الحرارة الكامنة فى بخار الماء الذى يتبخر من الجسم فى نفس الوقت مع ملاحظة عدم تغير حرارة الجسم أو هواء وجدران الغرفة وقت عمل التجربة .

وبوساطة تقدير كمية ثانى أكسيد الكربون الذى يفرزه الجسم والذى يمتص بأوعية خاصة توضع فى مجرى الهواء (شكل ٢٨) . وتقدير كمية الأوكسيجين الذى يستعمله الجسم أمكن حساب سرعة التمثيل الغذائى بالطرق الغير المباشرة أيضاً فى نفس التجربة ، وقد أثبت ذلك صحة الطرق الغير المباشرة فى تقدير التمثيل الغذائى وأهم مزية للطريقة المباشرة أنه يمكن بوساطتها القيام بعمل تجارب طويلة — قد تستمر عدة أيام — على سرعة التمثيل الغذائى . هذا ولا يتنفس الشخص فى هذه الطريقة من صامات وأنايب مختلفة كما فى الطرق الأخرى . ولا تستعمل الطريقة المباشرة الآن كثيراً وذلك لأن إنشاء الجهاز يحتاج إلى تكاليف كثيرة وفضلاً عن ذلك فهو جهاز ثابت فى مكانه ولا يمكن نقله إلى المرضى فى دورهم بل يجب نقل المريض إليه . وقبل أن نشرح الطرق الغير المباشرة سنتكلم عن معامل التنفس حتى يسهل فهم هذه الطرق .

معامل التنفس (Respiratory Quotient)

معامل التنفس هو خارج قسمة حجم ثانى أكسيد الكربون الذى يتكون بالجسم ويخرج مع عملية الزفير فى وقت معين على حجم الأوكسيجين الذى يستعمله الجسم فى نفس الوقت ، ويجب أن تكون النسبة بحجم الغازات لا بوزنها . فإذا فرضنا أن شخصاً يخرج فى الزفير ٢٠٠ سم^٣ من ثانى أكسيد الكربون فى الدقيقة ويستهلك ٢٥٠ سم^٣ من الأوكسيجين فى الدقيقة فإن معامل تنفسه $= \frac{200}{250} = 0.8$

أهمية معامل التنفس :

أولاً — يبين معامل التنفس نوع المادة العضوية التي تأكسدت بالجسم في وقت تقديره . وذلك لأن أنواع الأطعمة الثلاث تختلف عن بعضها في نسب كميات الكربون والأكسجين التي تحتوى عليها . ولذلك دعت أكسدة كل نوع من أنواع الطعام إلى معامل تنفس خاص .

تبين المعادلة الآتية أكسدة سكر العنب



يظهر جلياً من هذه المعادلة أن كمية الأكسجين الموجودة بجزء سكر العنب تساوى تماماً تلك الكمية التي تلزم لأكسدة كل الأيدروجين الموجود بالجزء . وعليه لا يحتاج لأكسجين من الخارج لأكسدة الأيدروجين . وكل ما يؤخذ من الأكسجين يستعمل في أكسدة الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون . ولذلك نرى أن كل جزء من الأكسجين يولد جزيئاً من ثاني أكسيد الكربون . وبحسب قانون أفوجادرو^(١) (Avogadro) فإن حجم الأكسجين الذي يستعمل في أكسدة سكر العنب — أو مائيات الكربون الأخرى — يساوى تماماً حجم ثاني أكسيد الكربون الذي يتكون . ولذلك فإن معامل التنفس لمائيات الكربون يساوى واحداً .

وبنفس الطريقة حسب معامل التنفس للدهن بمقدار ٠.٧١ وللبروتينات بمقدار ٠.٨ .

ولما كانت المواد المحترقة بالجسم في الأحوال العادية هي خليط من هذه المواد الثلاثة كان معامل التنفس الطبيعي حوالى ٠.٨٥ .

وقد كشف معامل التنفس عن نوع المادة أو المواد الغذائية التي تأكسد

(١) على حسب قانون أفوجادرو يكون حجم أى غازين متساويين إذا احتويا على نفس العدد من الجزيئات وإذا كانا في درجة حرارة واحدة وتحت ضغط متساو .

بالجسم في الحالات المختلفة . الفسيولوجية أو المرضية كحالات الصيام والمجهود الرياضي ومرض البول السكري وغيرها . (أنظر ص ١٥٢ و ١٧٥)
ثانياً : يؤخذ معامل التنفس كدليل لتحويل إحدى المواد الغذائية بالجسم إلى الأخرى ، فمثلاً تحتوي مائيات الكربون على كميات من الأوكسيجين أكثر من الدهن فعند تحويل جزيئات مائيات الكربون إلى دهن في الجسم تنطلق كميات الأوكسيجين الزائدة ويقل ما يحتاج إليه الجسم من الأوكسيجين من الجو ، وبذا يرتفع معامل التنفس ويصير أكثر من واحد ويحدث هذا في حيوانات المزرعة عند تسمينها . هذا وقد قدر معامل التنفس في الحيوانات التي تنام شتاء (Hibernating animals) خلال نومها الشتوي ووجد أنه ينخفض كثيراً عن ٧ . ويستدل بذلك على أن الحيوانات في هذه المدة تحول الدهن المخزون بأجسامها إلى مائيات الكربون إذ أن الدهن مادة فقيرة بالأوكسيجين بعكس مائيات الكربون ولذا يحتاج الجسم إلى كمية كبيرة من الأوكسيجين من الجو .

ثالثاً : يستعمل معامل التنفس في تقدير التمثيل الغذائي بالطرق الغير المباشرة فإذا عرف معامل التنفس وعرفت كمية الأوكسيجين التي استعملها الجسم في مدة معينة أمكن حساب التمثيل الغذائي والسبب في ذلك أن الجزء الأكبر من الأوكسيجين يستعمل إما لأكسدة الكربون أو الأيدروجين بالجسم . فإذا استعمل لأكسدة الكربون أعطى كمية أكبر من الحرارة عما إذا استعملت نفس الكمية من الأوكسيجين لأكسدة الأيدروجين . وبديهي أنه كلما كثر استعمال الأوكسيجين لأكسدة الأيدروجين بالجسم قل معامل التنفس . فإذا استعمل لتر من الأوكسيجين بالجسم لأكسدة مائيات الكربون ولد ٥.٤٧ سعراً حرارياً كبيراً بينما يولد ٦.٨٦ سعراً حرارياً كبيراً إذا استعمل لأكسدة الدهن ويبين جدول ٤ اختلاف القيمة الحرارية للتر من الأوكسيجين باختلاف معامل التنفس .

جدول ٤

النسبة المئوية للأسعار المشتقة من أكسدة		القيمة الحرارية لكل لتر من الأوكسيجين	معامل التنفس
الدهون	مائيات الكربون	سعرًا حراريًا كبيرًا	الأزوتي
١٠٠ في المائة	٠ في المائة	٤,٦٨٦	٠,٧٠٧
٩٨,٩	١,١٠	٤,٦٩٠	٠,٧١
٩٥,٢	٤,٧٦	٤,٧٠٢	٠,٧٢
٩١,٦	٨,٤٠	٤,٧١٤	٠,٧٣
٨٨,	١٢,٠	٤,٧٢٧	٠,٧٤
٨٤,٤	١٥,٦	٤,٧٣٩	٠,٧٥
٨٠,٨	١٩,٢	٤,٧٥١	٠,٧٦
٧٧,٢	٢٢,٨	٤,٧٦٤	٠,٧٧
٧٣,٧	٢٦,٣	٤,٧٧٦	٠,٧٨
٧٠,١	٢٩,٩	٤,٧٨٨	٠,٧٩
٦٦,٦	٣٣,٤	٤,٨٠١	٠,٨٠
٦٣,١	٣٦,٩	٤,٨١٣	٠,٨١
٥٩,٧	٤٠,٣	٤,٨٢٥	٠,٨٢
٥٦,٢	٤٣,٨	٤,٨٣٨	٠,٨٣
٥٢,٨	٤٧,٢	٤,٨٥٠	٠,٨٤
٤٩,٣	٥٠,٧	٤,٨٦٢	٠,٨٥
٤٥,٩	٥٤,١	٤,٨٧٥	٠,٨٦
٤٢,٥	٥٧,٥	٤,٨٨٧	٠,٨٧
٣٩,٢	٦٠,٨	٤,٨٩٩	٠,٨٨
٣٥,٨	٦٤,٢	٤,٩١١	٠,٨٩
٣٢,٥	٦٧,٥	٤,٩٢٤	٠,٩٠
٢٩,٢	٧٠,٨	٤,٩٣٦	٠,٩١
٢٥,٩	٧٤,١	٤,٩٤٨	٠,٩٢
٢٢,٦	٧٧,٤	٤,٩٦١	٠,٩٣

تابع — جدول ٤

النسبة المئوية للاسعار المشتقة من أكسدة		القيمة الحرارية لكل لتر من الأوكسجين سعرا حراريا كبيرا	معامل التنفس اللاأزوتي
الدهون	مائيات الكربون		
١٩,٣ في المائة	٨٠,٧ في المائة	٤,٩٧٣	٠,٩٤
» ١٦,٠	» ٨٤,٠	٤,٩٨٥	٠,٩٥
» ١٢,٨	» ٨٧,٢	٤,٩٩٨	٠,٩٦
» ٩,٥٨	» ٩٠,٤	٥,٠١٠	٠,٩٧
» ٦,٣٧	» ٩٣,٦	٥,٠٢٢	٠,٩٨
» ٣,١٨	» ٩٦,٨	٥,٠٣٥	٠,٩٩
» ٠	» ١٠٠	٥,٠٤٧	١,٠٠

الخطأ التي قد ترتكب في استنتاجات معامل التنفس : يوجد بأنسجة الجسم وبالدّم كثير من بيكربونات الصوديوم والپوتاسيوم التي تحتوى على كميات كبيرة من ثانى أوكسيد الكربون . وهذه الكميات قابلة للتغيير . وإذا تغيرت وقت التجربة نتج عن ذلك اختلاف في معامل التنفس ، إذ لى يكون الاستنتاج صحيحاً يجب أن يكون ثانى أكسيد الكربون ناتجاً من أكسدة الكربون بالجسم وقت عمل التجربة . ولشرح هذه النقطة نقدم الأمثلة الآتية : —

١ — إذا تنفس الشخص بسرعة وبعمق قلل ذلك من نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء الحويصلات الرئوية ، ويدعو ذلك إلى قذف كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكربون الذى يوجد بالدّم دائماً والذى لم ينتج من التمثيل الغذائى فى وقت زيادة التنفس ، ويكون معامل التنفس فى هذه الحالات أعلى من ١ بكثير .

٢ — عند بدء المجهود الرياضى الشديد تتكون بالعضلات كميات كبيرة

من حامض اللبنيك وتمزج بالدم وتتفاعل هذه مع بيكربونات الصوديوم بالدم وتنتج ثاني أكسيد الكربون الذي يقذف في الزفير ويدعو إلى معامل تنفس عالٍ أكبر من ١ .

٣ — وقت الشفاء من التمرين العضلي يستعمل الأوكسيجين في أكسدة حامض اللبنيك المتراكم بالجسم ولا يخرج له أي النشئ مع هواء الزفير بل يبقى في الجسم ليتحد مع القواعد التي كانت متحدة مع حامض اللبنيك وأطلقت بأكسده ، وينتج عن ذلك معامل تنفس منخفض يقدر بنحو ٠.٣ إلى ٠.٥ .

وملافاة لذلك يجب تقدير الغازات لحساب معامل التنفس في مدد طويلة حتى لا تؤثر فيه هذه التغيرات الوقتية في كمية له أي بالدم ، فمثلا كما ذكرنا آنفاً في حالة المجهود الرياضي يجب حساب الغازات طول مدة المجهود وما يليها من مدة الشفاء .

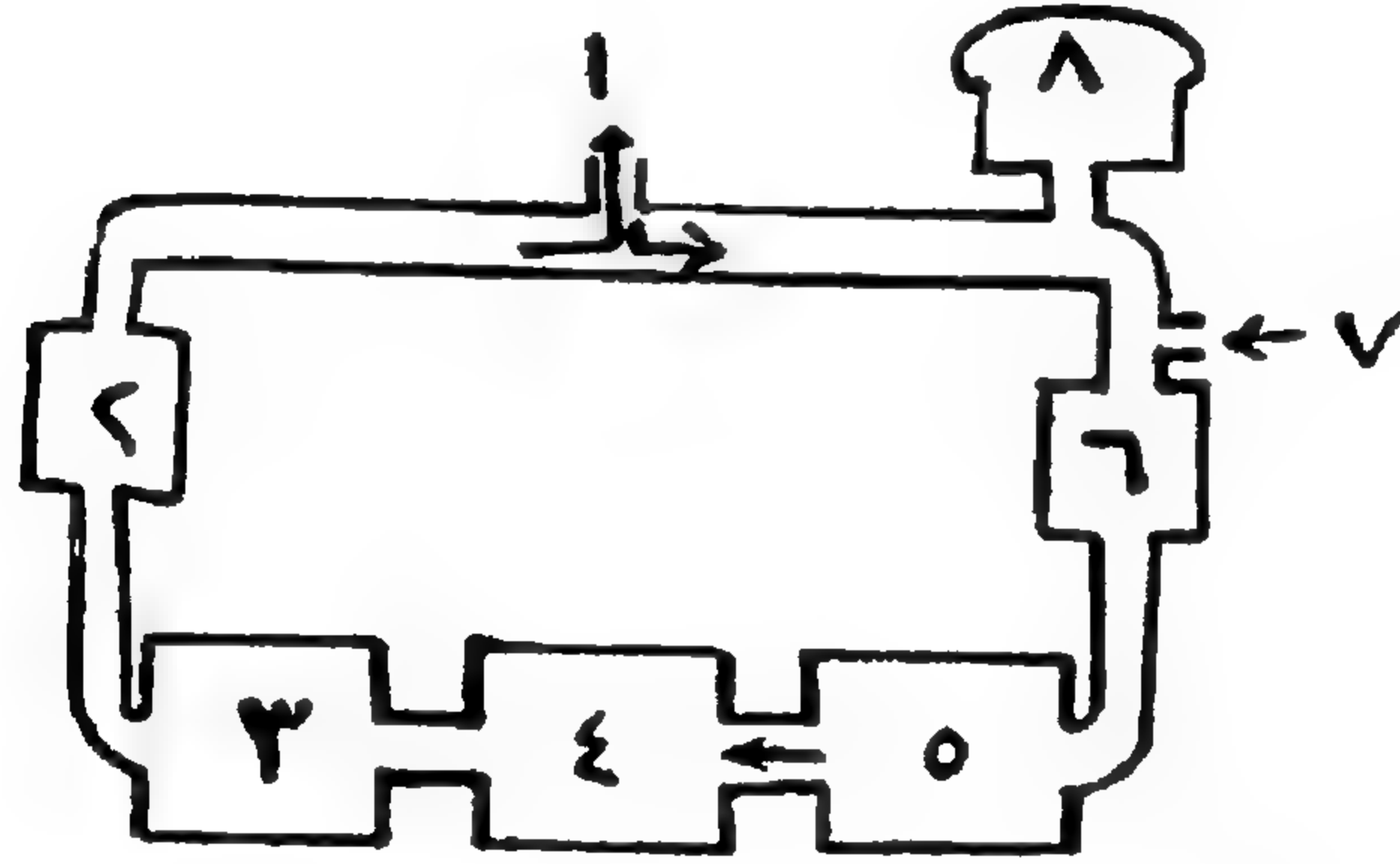
التقدير الحراري الغير المباشر : تختلف هذه الطرق عن الطريقة السابقة في أنه لا تقاس بوساطتها الحرارة التي يولدها الجسم مباشرة ولكن تحسب هذه الحرارة من كمية الأوكسيجين التي يستهلكها الجسم في وقت معين ومن معامل التنفس في ذلك الوقت . وتنقسم هذه الطرق قسمين :

أولاً — الطرق ذات الدائرة المغلقة (Closed circuit methods)

ثانياً — الطرق ذات الدائرة المفتوحة (Open circuit methods)

ففي الطرق ذات الدائرة المغلقة يتنفس الحيوان أو الشخص نفس الكمية من الهواء . ويمتص ثاني أكسيد الكربون من الهواء بوساطة الصودا الجيرية (Soda lime) ويزاد إلى الهواء كميات من الأوكسيجين مساوية لتلك التي يستعملها الجسم تقريبا . وأما الأوزون فيجرب بنفسه باستمرار ومن أمثلة هذه الأجهزة ما يأتي :

١ — جهاز بندكت (Benedict) وبين هذا الجهاز تخطيطاً في شكل ٢٩ فيتنفس الشخص من أنفه — يبقى الفم مغلقاً — من الصمام (١) فيمر هواء الزفير في اتجاه السهم إلى الوعاء (٥) وتساعد مروحة مخصوصة ممثلة برقم (٦) مرور الهواء في هذا الاتجاه ويمتص الوعاء (٥) بخار الماء إذ يحتوى على خرز زجاجي مبلل بحامض الكبريتيك ثم يمر الهواء إلى الوعاء (٤) الذى يحتوى على صودا جيرية تمتص منه ثانى أكسيد الكربون وبعد ذلك يمر الهواء في الوعاء (٣) حيث يمتص منه الماء الذى قد يأخذه الهواء من وعاء الصودا الجيرية ويحتوى الوعاء (٢) على ماء به قليل من كربونات الصوديوم وفائدته ترطيب الهواء . إذ أنه من غير المستحسن أن يستنشق الشخص هواء جافاً لمدة طويلة وكذلك يمتص الوعاء (٢) أى غازات قد تتصاعد



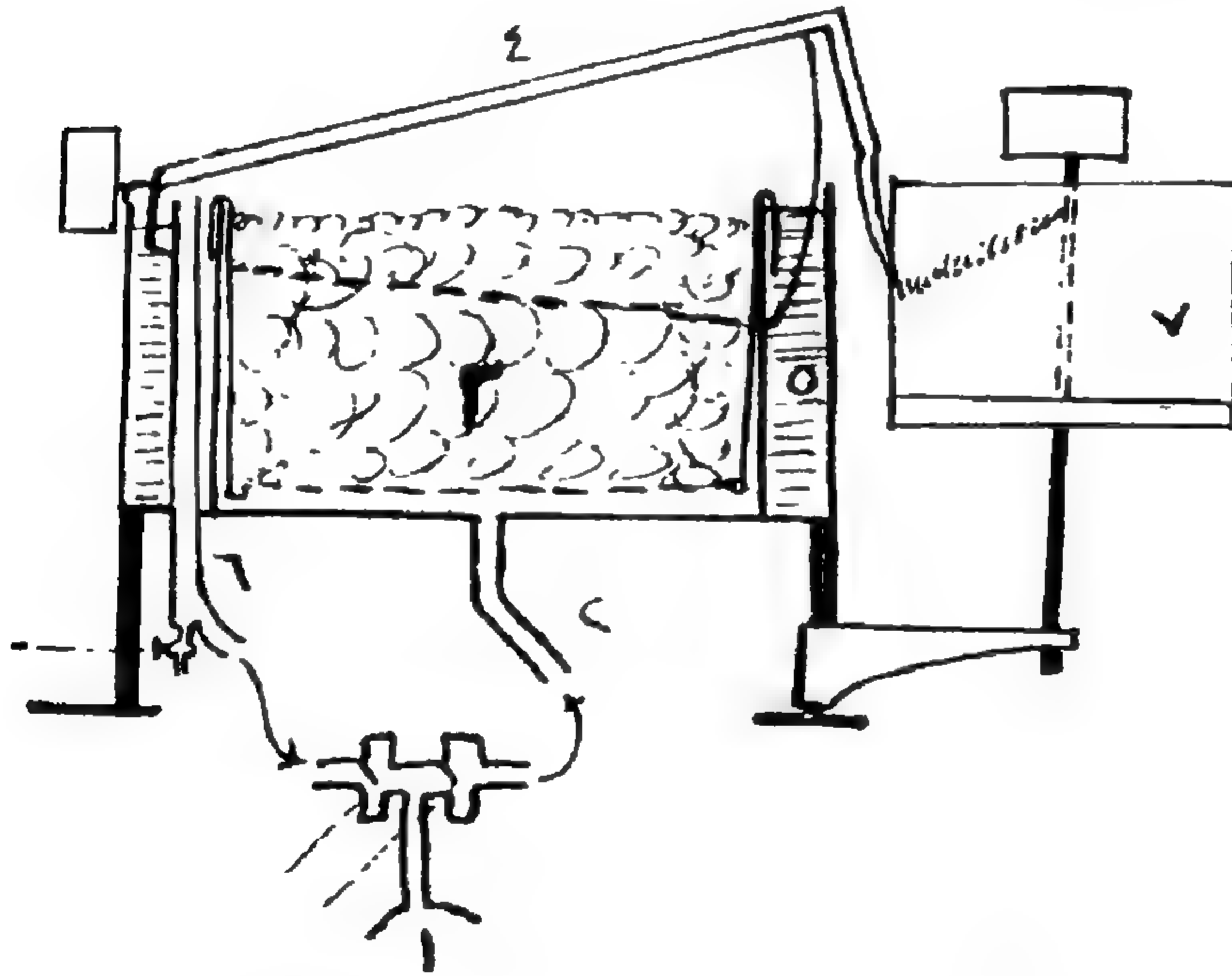
(شكل ٢٩) جهاز بندكت (عن ستارلنج)

من حامض الكبريتيك الموجود بالوعاء (٣) ثم يستنشق الشخص الهواء مرة أخرى وتكرر هذه العملية . وفي خلال التجربة يضاف الأوكسيجين إلى الهواء من أسطوانة صغيرة متصلة بالصنبور (٧) ، بدلاً من ذلك الذى يختفى من الهواء ويستعمله الجسم ويغطى الوعاء (٨) قرص من المطاط فائدته تنظيم الضغط الهوائى بداخل الجهاز . وبذا لا يقل الضغط وقت الشيق ولا يزيد وقت الزفير لأن قرص المطاط يتحرك مع الشيق والزفير فيقلل من حجم الهواء الموجود بالجهاز وقت الشيق ويزيد من حجمه وقت الزفير وبذا يبقى ضغطه ثابتاً . ولهذا القرص فائدة أخرى إذ بوساطته يعرف إلى أى حد يمكن إدخال الأوكسيجين فى الجهاز .

وتقدر كمية الأوكسيجين التى يستعملها الشخص وقت التجربة بالفرق بين وزنى أنبوبة الأوكسيجين قبل وبعد التجربة . وأما كمية ثانى أكسيد الكربون التى يخرجها الجسم فتقدر بالفرق بين وزنى الوعاءين (٤ و ٣ معاً) قبل وبعد التجربة . وللحصول

على معامل التنفس يجب تحويل أوزان الغازات إلى أحجام (٣٢ جراماً من الأوكسيجين أو ٤٤ جراماً من ثاني أكسيد الكربون تساوي ٢٢,٤ لترأ من الغاز) .

٢ — جهاز كروغ (Krogh's Respirometer) شكل ٣٠ يتكون هذا الجهاز من وعاء معدني له غطاء متحرك ويملاً الوعاء أولاً بالأوكسيجين ويتنفس الشخص عن طريق الصمام (١) من فمه بينما تسد أنفه بواسطة مشبك فيمر هواء الشهيق من الأنبوبة (٦) إلى رتتي الشخص ويخرج هواء الزفير إلى الأنبوبة (٢) ثم إلى الوعاء (٣) الذي يحتوي على صودا جيرية تمتص ثاني أكسيد الكربون منه ويتحرك غطاء الوعاء (٤) إلى أعلا مع عمالة الزفير وإلى أسفل مع عملية الشهيق . ويحيط بالوعاء (٣) وعاء آخر (٥) تملأ المسافة بينهما بالماء . وتنغمس في الماء أطراف الغطاء وبذا يبقى الهواء داخل الوعاء (٣) وتحت الغطاء وفي الأنايب المتصلة بالشخص مغلقاً عن الهواء الخارجي .

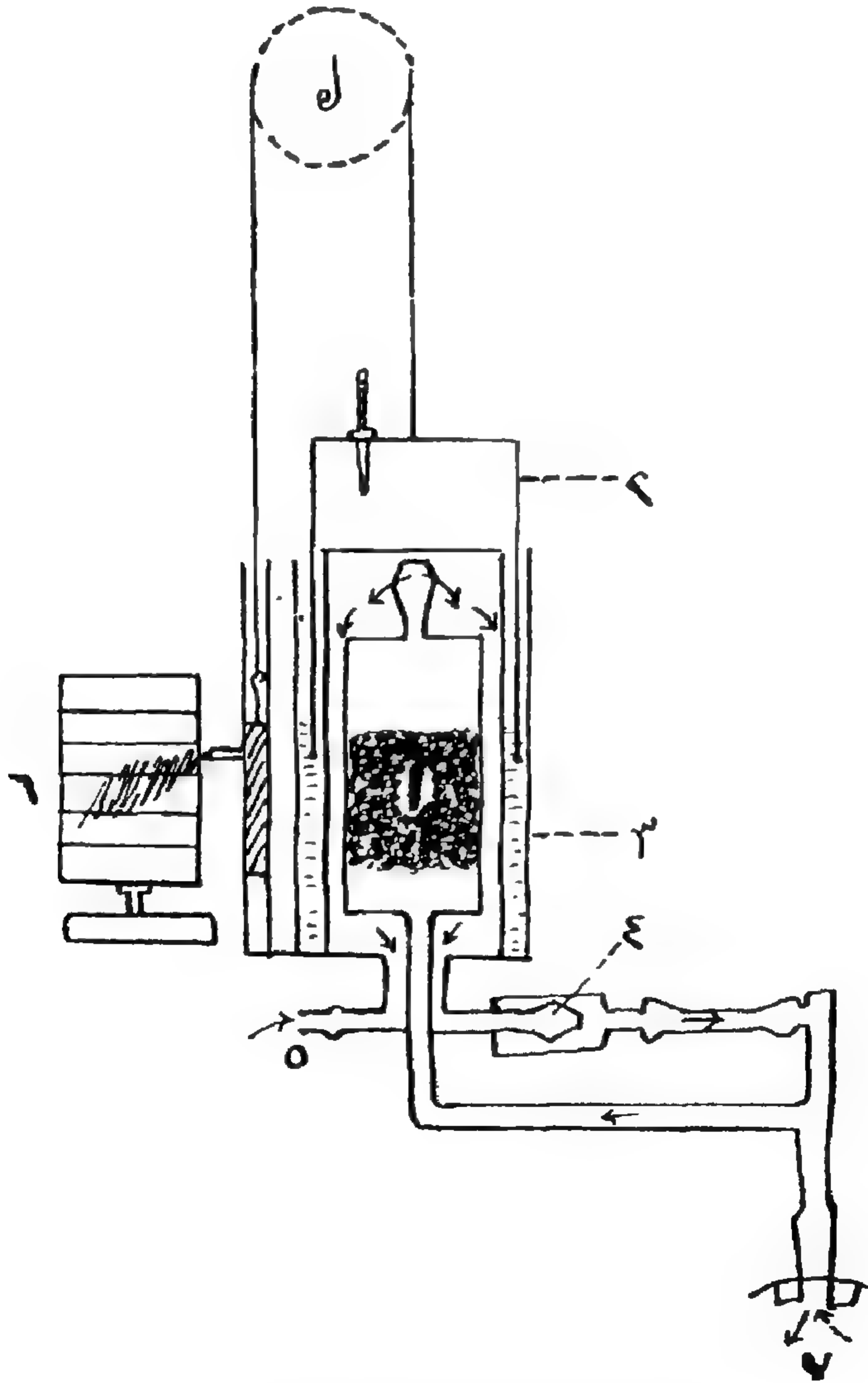


شكل (٣٠) جهاز كروغ (عن ستارنج)

وباستهلاك الأوكسيجين بواسطة الشخص تقل كميته في الجهاز فينخفض غطاؤه وتنخفض معه الريشة المثبتة عليه والتي تكتب على أسطوانة متحركة (٧) ومن درجة هبوط الريشة تعرف كمية الأوكسيجين التي استعملت في وقت معين . ولا يمكن معرفة معامل التنفس بهذه الطريقة .

٣ — جهاز بندكت وروث (Benedict & Roth) شكل (٣١) . وهو أكثر الأجهزة استعمالاً في التقديرات الطبية إذ أنه سهل الاستعمال . ويتكون هذا الجهاز من

أسطوانة (١) بها صودا جيرية وتحيط بها أسطوانة أخرى (٣) وتملأ المسافة بينهما بالماء وينغمس في الماء الذي بين الأسطوانتين أسطوانة ثالثة مقلوبة (٢) . ويملأ الفراغ الذي بين الأسطوانتين (١ و ٢) بالأكسجين قبل التجربة عن طريق الصنبور (٥) ثم يتنفس الشخص من الصمام (٧) من فمه بينما يسد أنفه بمشبك . ويمر هواء الزفير في طريق الأسهم المبينة في الشكل إلى الوعاء (١) حيث يمتص ثاني أكسيد الكربون وأما هواء الشهيق فيذهب إلى الشخص عن طريق الصمام (٤) . وتتصل الأسطوانة المتحركة (٢) بوساطة خيط يمر على عجلة بريشة ترسم على أسطوانة وكلما قل الأكسجين في فراغ الجهاز كلما ارتفعت الريشة . ومن سرعة ارتفاع



شكل (٣١) جهاز بندكت وروث
(عن بست وتايلور)

الريشة يمكن حساب كمية الأوكسيجين التي يستهلكها الشخص في وقت معين . ويلاحظ عدم تغير درجة حرارة الهواء الذي بالجهاز وقت التجربة بواسطة الترمومتر الداخل من الأسطوانة (٢) ويجب تصحيح الخطأ الذي قد ينشأ إن تغيرت درجة الحرارة وقت التجربة .

ولا تعطى هذه الطريقة كسابقها معامل التنفس بل تحسب القيمة الحرارية للتر من الأوكسيجين (٤,٨٢٥ سعرا) باعتبار أن معامل التنفس يساوي ٠,٨٢ وهو معامل التنفس الطبيعي وقت الراحة في حالة ما بعد الامتصاص (Post-absorptive state) (انظر صفحة ١٣٨) .

وأما في الطرق ذات الدائرة المفتوحة يتنفس الشخص من الهواء الجوى ويجمع هواء الزفير في وعاء مناسب . وبقياس كمية هواء الزفير في زمن معين وتحليله يمكن تقدير كمية الأوكسيجين التي يستهلكها الجسم وكذا معامل التنفس . ومن هذه الطرق ما يأتي :

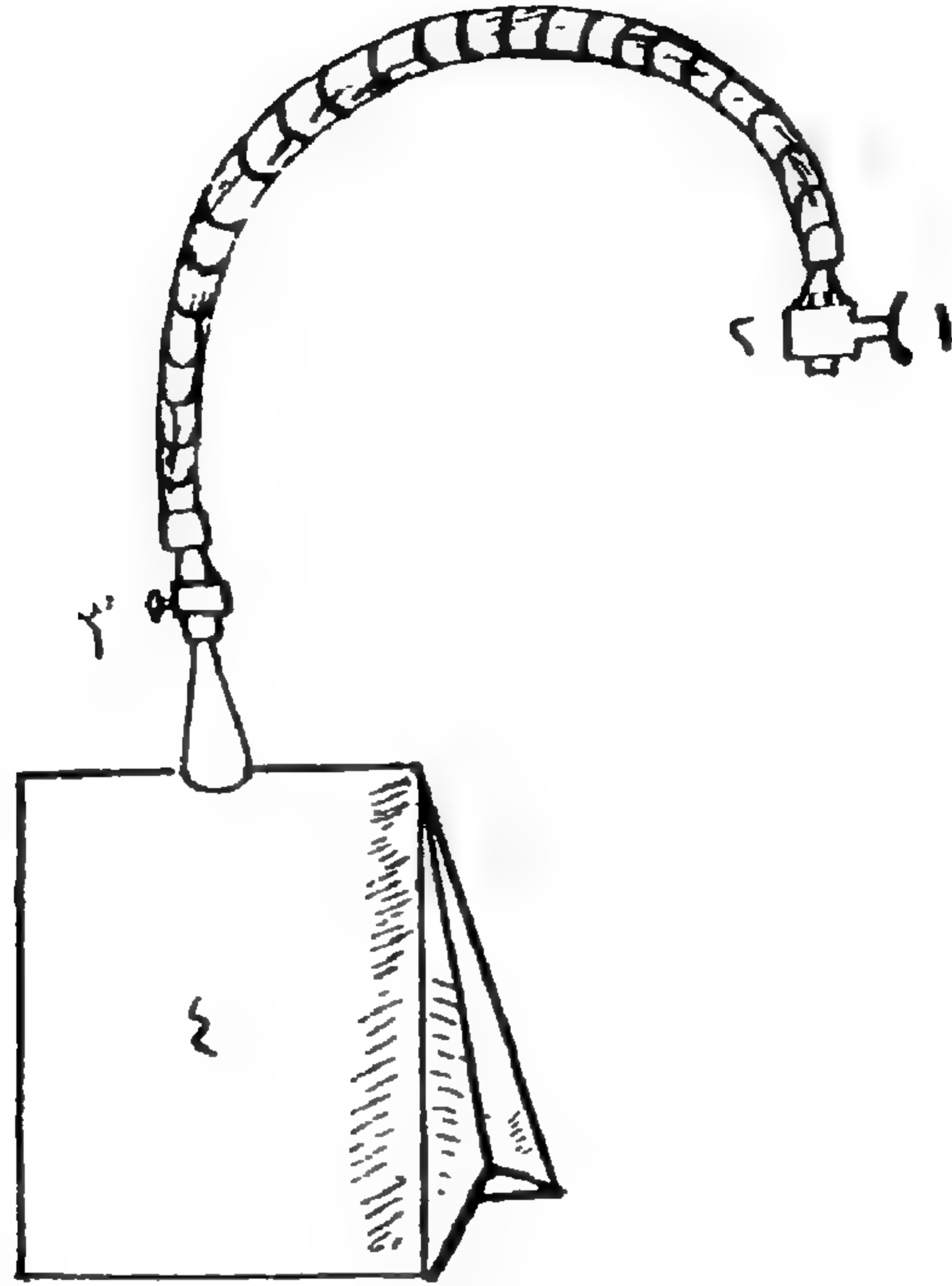
١ — طريقة دوجلاس وفي هذه الطريقة يجمع هواء الزفير في كيس يسمى كيس دوجلاس (Douglas Bag) شكل (٣٢) — (٤) سعته حوالى ١٠٠ لتر ويدخل الشخص قطعة من المطاط (١) في فمه بينما يسد أنفه بمشبك ويتنفس الشخص من فمه في الصمام (٢) ويسمح هذا الصمام للشخص أن يستنشق من الهواء الجوى بينما يمرر هواء الزفير بواسطة الأنبوبة المصنوعة من المطاط المتصلة به إلى الكيس ويسمح الصنبور (٣) باتصال أنبوبة المطاط بالكيس أو باتصالها بالهواء الجوى وفي الحالة الثانية يمر هواء الزفير عن طريق الصنبور إلى الجو ولا يجمع في الكيس . وعند استعمال هذه الطريقة يفتح الصنبور (٣) إلى الجو أولا حتى يعتاد الشخص على التنفس في الصمام ثم يبدأ بعد ذلك في جمع هواء الزفير في الكيس ويحسب الوقت بالضبط الذي يجمع فيه الهواء وبعد جمع كمية كافية من الهواء يمزج الهواء جيداً ثم تؤخذ عينة صغيرة منه للتحليل ويقاس حجم الباقي بواسطة مقياس غازات (gas meter) وبين المثال الآتى حساب التمثيل الغذائى بهذه الطريقة .

كمية هواء الزفير في مدة ١٠ دقائق — ٦٠,٤ لترأ في درجة حرارة ٢٠ مئوية

وكان الضغط الجوى ٧٥٢ ملليمترأ من الزئبق

كمية هواء الزفير التي أخذت في عينة التحليل = ٠,٢ لترا

بتحليل هواء الزفير وجد أن كل ١٠٠ سم^٣ منه يحتوى على
 ٤,٢٢ سم^٣ من ثانى أكسيد الكربون
 ١٦,٣٥ سم^٣ من الأوكسيجين
 ٧٩,٤٣ سم^٣ من الأزوت



شكل (٣٢) كيس دوجلاس

ولا يحلل هواء الشهيق إذ أن تركيب هواء الجو ثابتا وكل ١٠٠ سم^٣ منه تحتوى على
 ٠,٠٤ سم^٣ من ثانى أكسيد الكربون
 ٢٠,٩٦ سم^٣ من الأوكسيجين
 ٧٩,٠٠ سم^٣ من الأزوت

∴ كمية هواء الزفير فى درجة صفر مئوية وتحت ضغط ٧٦٠ ملليمتر من الزئبق

$$= (٠,٢ + ٦٠,٤) \times \frac{٢١٢}{٢٠ + ٢٧٣} \times \frac{٧٠٢}{٧٦٠} = ٥٤,٥٧ \text{ لترا}$$

∴ كمية هواء الزفير فى الساعة = $\frac{٥٤,٥٧}{١} \times ٦٠ = ٣٢٧,٤٢$ لترا

كمية ثانى أكسيد الكربون التى يخرجها الشخص فى كل ١٠٠ سم^٣ من هواء الزفير

$$= ٤,٢٢ - ٠,٠٤ = ٤,١٨$$

ولا يمكن تقدير كمية الأوكسيجين التى يستهلكها الشخص من كل ١٠٠ سم^٣ من

هواء الزفير مباشرة كما في حالة ثاني أكسيد الكربون . وذلك لأن كل ١٠٠ سم^٣ من هواء الزفير تعادل في الواقع أكثر من ١٠٠ سم^٣ من هواء الشهيق . ويستدل على ذلك بزيادة نسبة الأزوت في هواء الزفير . والأزوت لا يدخل له في عملية التنفس ولذلك دلت زيادة نسبته — مع أن كميته ثابتة — على نقص حجم هواء الزفير عن حجم هواء الشهيق . والسبب في هذا النقص يرجع إلى أن جزءاً من الأوكسيجين الذي يستهلكه الشخص استعمل في أكسدة الأيدروجين ولذلك لا يظهر في هواء الزفير على شكل ثاني أكسيد الكربون . وعليه يكون حجم الأوكسيجين وثاني أكسيد الكربون معاً أقل في هواء الزفير منه في هواء الشهيق ولذلك زادت نسبة الأزوت في هواء الزفير مع أن كميته ثابتة . وعليه يكون حجم هواء الشهيق الذي يعادل ١٠٠ سم^٣ من هواء الزفير هو $100 \times \frac{79.13}{79}$ وهذه تحتوى على ٢٠,٩٦ $\times \frac{79.13}{79} = 21.07$ سم^٣

∴ كمية الأوكسيجين التي يستهلكها الشخص من كل ١٠٠ سم^٣ من هواء الزفير =

$$21.07 - 16.35 = 4.72 \text{ سم}^3$$

$$\therefore \text{معامل التنفس} = \frac{21.07}{4.72} = 4.48$$

والقيمة الحرارية للتر من من الأوكسيجين عند معامل التنفس ٤,٤٨ هي ٤,٩١١ سعراً حرارياً كبيراً (انظر جدول ٤)

$$\text{وكمية الأوكسيجين التي استهلكها الشخص في الساعة} = \frac{100 \times 4.72 \times 4.48}{1} = 2107 \text{ لتر} = 15.45 \text{ لتر}$$

$$\therefore \text{سرعة التمثيل الغذائي للشخص في الساعة} = 4.911 \times 15.45 = 75.9$$

$$= 75.9 \text{ سعراً حرارياً كبيراً}$$

في المثال السابق حسب التمثيل الغذائي على أساس أن المواد التي تؤكسد بالجسم هي مائيات الكربون والدهن فقط إذ أن جدول (٤) يعطى القيمة الحرارية للأوكسيجين إذا استعمل كله لأكسدة مائيات الكربون والدهن مع استثناء أى تمثيل غذائى للبروتين . ولا يؤدي ذلك إلى فرق كبير في النتيجة النهائية وأما إذا أردنا الدقة المتناهية في تقدير سرعة التمثيل الغذائي بهذه الطريقة وجب ادخال التمثيل الغذائي للبروتين في الحساب كما يأتي :

نفرض في المثال السابق أن الشخص أفرز بالبول في ساعة التجربة ٦٠ جم من الأزوت

ولما كان البروتين يحتوى على ١٦ ٪ من الأزوت كانت كمية البروتين التي استعملها الجسم في الساعة $= 0,6 \times \frac{1}{11} = 0,6 \times 0,0909 = 0,0545$ جم $= 0,545$ جم $= 0,545 \times 3,75 = 2,04$ جم $= 2,04$ جم $= 2,04 \times 4,1 = 8,36$ جم $= 8,36$ جم $= 8,36 \times 10,37 = 86,5$ سعراً حرارياً

ولما كان كل جرام من الأزوت يفرز بالبول يناظر ٥,٩٢٣ لتر (١) من الأوكسيجين استعملت في أكسدة البروتين و ٤,٧٥٤ (١) لتر من ثاني أكسيد الكربون نتجت من أكسدة البروتين أمكننا حساب غازات التمثيل الغذائي للبروتين على حدة كما يأتي :

كمية الأوكسيجين المناظرة للبروتين $= 0,6 \times 5,923 = 3,55$ لتر
وكمية ثاني أكسيد الكربون المناظرة للبروتين $= 0,6 \times 4,754 = 2,85$ لتر

ومن الحساب السابق كانت كمية الأوكسيجين الكلية المستعملة في الساعة $= 10,40$ لتر

∴ كمية الأوكسيجين المناظرة لمائيات الكربون والدهن فقط $=$

$$10,40 - 3,55 = 6,85 \text{ لتر}$$

وكمية ثاني أكسيد الكربون الكلية $= \frac{10 \times 4,754 + 1,8 \times 3,27 + 4,2}{10 \times 4,754 + 1,8 \times 3,27 + 4,2} = 13,69$ لتر

∴ كمية ثاني أكسيد الكربون المناظرة لمائيات الكربون والدهن فقط $=$

$$13,69 - 2,85 = 10,84 \text{ لتر}$$

∴ معامل التنفس اللاأزوتي $= \frac{10,84}{6,85} = 1,58$

ومن جدول (٤) تكون القيمة الحرارية للتر من الأوكسيجين $= 4,936$

∴ سرعة التمثيل الغذائي لمائيات الكربون والدهن معا $= 4,936 \times 11,9 = 58,74$

$$= 58,74 \text{ سعراً حرارياً كبيراً}$$

∴ سرعة التمثيل الغذائي الكلية (بروتين + دهن + مائيات كربون) $=$

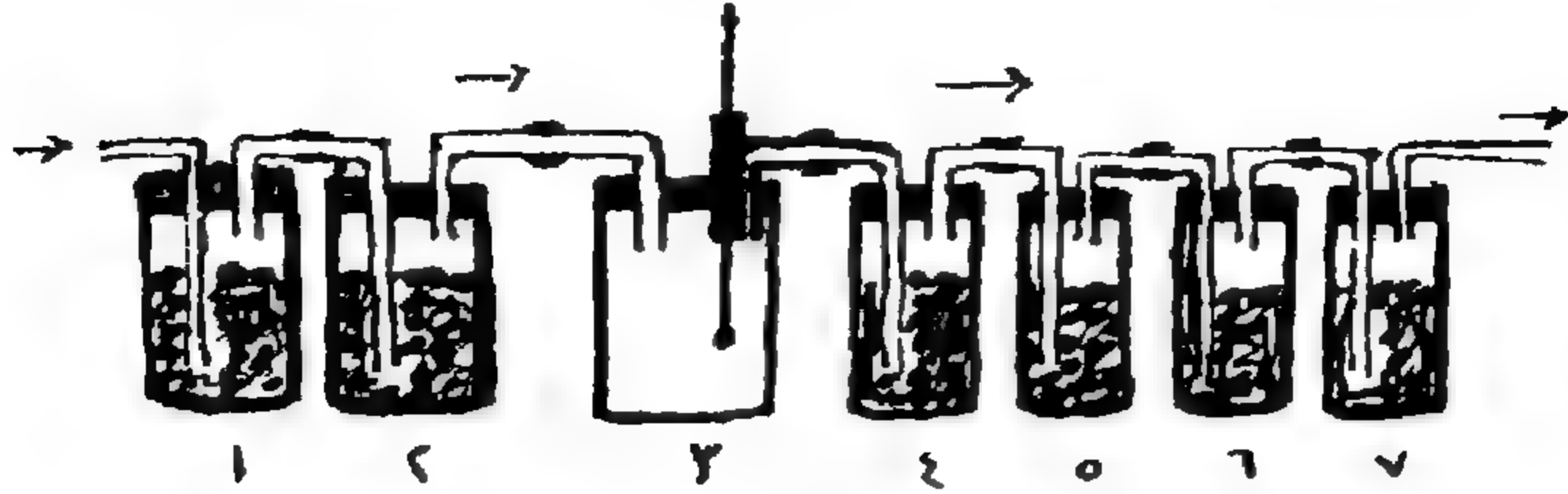
$$58,74 + 10,37 = 69,11 \text{ سعراً حرارياً كبيراً في الساعة}$$

ويلاحظ أن سرعة التمثيل الغذائي عندما قدرت باستثناء التمثيل الغذائي للبروتين

كانت ٧٥,٩ سعراً حرارياً كبيراً في الساعة أى أن الفرق بين الطريقتين أقل من

٣. ولذلك تستعمل في التقديرات الطيبة الطريقة الاولى نظرا لسهولة ولو أنها أقل دقة .

٢ - طريقة هولدين وپمبرى (Haldane & Pembrey) - وتستعمل هذه



شكل (٣٣) جهاز هولدين وپمبرى

الطريقة للحيوانات الصغيرة كالضفادع والفيران والارانب . فيوضع الحيوان في الوعاء (٣) - شكل ٣١ - ويمرر الهواء من وعاء إلى آخر في اتجاه الأسهم . ويحتوى الوعاء (١) على صودا جيرية ليمتص آثار ثاني أكسيد الكربون الموجودة في الهواء الجوى ويحتوى الوعاء (٢) على خرز مبلل بحامض الكبريتيك ليمتص بخار الماء وعليه يكون الهواء الذى يدخل في وعاء الحيوان خاليا من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ثم يمر الهواء في الوعاءين (٤ و ٥) ويحتويان على حامض الكبريتيك ليمتص بخار الماء ثم في الوعاء (٦) حيث يمتص منه ثاني أكسيد الكربون الذى يخرجها الحيوان ثم في الوعاء (٧) حيث يمتص منه أى بخار ماء قد يتصاعد من الوعاء ٦ من الصودا الجيرية ويتسبب مرور الهواء من وعاء إلى آخر بواسطة اتصال طرف الأنبوبة المنغمسة في الوعاء (٧) بمضخة مائية ماصة وتقدر كمية ثاني أكسيد الكربون التى يخرجها الحيوان بالفرق بين وزنى الوعاءين (٦ و ٧) معا قبل وبعد التجربة . وكمية بخار الماء التى تبخر من الحيوان تساوى الفرق بين وزنى الوعاءين (٤ و ٥) معا قبل وبعد التجربة . ولما كان وزن الحيوان قبل التجربة + وزن الأوكسيجين الذى يستهلكه = وزن الحيوان بعد التجربة + وزن بخار الماء الذى يتبخر منه + ثاني أكسيد الكربون الذى يخرجها أمكننا استنتاج وزن الأوكسيجين المستعمل في مدة التجربة . ويلاحظ عند وزن الحيوان أن يوزن الوعاء (٣) بأ كمله بما فيه الحيوان . إذ أن ذلك يمنع أى خطأ قد ينتج من تبول أو تبرز الحيوان وقت التجربة .

الباب الثاني عشر

سرعة التمثيل الغذائي

إن من أهم مميزات الحياة — بل ربما كانت الحياة نفسها — تلك التفاعلات الكيميائية المستمرة دائماً أبداً في الجسم ، حتى إنه في وقت الراحة التامة نجد أن أكسدة المواد الغذائية مستمرة بالجسم بمقادير معينة . وهناك ثلاثة عوامل مهمة تزيد من سرعة أكسدة المواد الغذائية بالجسم وهي :

١ — عمل أى مجهود رياضي

٢ — تناول الطعام

٣ — انخفاض درجة حرارة الجو

ولما كان قياس سرعة التمثيل الغذائي بالجسم في غاية الأهمية من الوجهتين الفسيولوجية والمرضية ، وجب أن يكون القياس في الأشخاص المختلفين في ظروف متماثلة ، ذات مستوى واحد حتى تصح المقارنة . وتسمى سرعة التمثيل الغذائي في الظروف التي انتخبت لتكون أساساً للمقارنة بسرعة التمثيل الغذائي القاعدية .

سرعة التمثيل الغذائي القاعدية

(Basal Metabolic Rate)

سرعة التمثيل القاعدية هي كمية الطاقة التي يصرفها الجسم في مدة معينة من الزمن . ويشترط أن تقاس في الظروف الآتية :

✓ ١ — في حالة الراحة الجسمية والعقلية التامة لمدة نصف ساعة على

الآقل قبل بدء القياس . هذا ويجب أن يكون الشخص يقظاً غير نائم .

٢ — يجب أن تقاس الطاقة بعد آخر أكلة بمدة تتراوح بين ١٢ ساعة

و١٤ ساعة . أى فى حالة ما بعد الامتصاص . (Postabsorptive state)

٣ — يجب أن تكون درجة حرارة الجو بين 20° و 25° مئوية ، أو على

الآقل يكون الشخص مرتدياً ملابس مناسبة لحرارة الجو الخارجية حتى

لا تدعو البرودة إلى ارتعاش بالعضلات ، أو الحرارة إلى إفراز العرق .

والمتبع عند تقدير سرعة التمثيل الغذائى القاعدية لشخص أن يطلب

منه ألا يقوم بأى مجهود رياضى مضمن لمدة ٢٤ ساعة قبل القياس وكذلك

يتناول عشاءاً خفيفاً لا يحتوى إلا على كمية قليلة من البروتين ويكون ذلك قبل

الساعة السابعة من مساء اليوم الذى يسبق التجربة ولا يتناول أى طعام بعد ذلك .

ثم تعمل التجربة فى صباح اليوم التالى حوالى الساعة التاسعة . وعند حضور

الشخص إلى المعمل يطلب منه أن يستريح مضطجعاً لمدة نصف ساعة على

الآقل قبل القياس . ويلاحظ أن تكون مثانة الشخص خالية وأن لا يكون

الشخص راقدًا فى مجرى تيار هوائى إذ أن هذه العوامل قد تسبب ارتفاعاً فى

سرعة التمثيل الغذائى القاعدية . هذا ولا يمكن الاعتماد بأى حال من الأحوال

على نتيجة تجربة واحدة تعمل على الشخص بل يجب عمل ثلاثة تجارب على

الآقل فى أيام مختلفة ومقارنة النتائج قبل إعطاء أى تقرير عن سرعة التمثيل

الغذائى القاعدية .

والتمثيل الغذائى فى هذه الظروف هو عبارة عن الطاقة التى تلزم للعمليات

الحوية ، مثل حفظ حرارة الجسم ، وضربات القلب ، وحركات التنفس .

ولو قورنت الحيوانات المختلفة ذات الدم الحار لوجد أنه كلما زاد وزن

الحيوان زادت سرعة التمثيل الغذائى للجسم كله ، وقلت سرعة التمثيل الغذائى

للكيلو جرام الواحد من وزنه . وأما لو كانت المقارنة بالنسبة لسطح الجسم

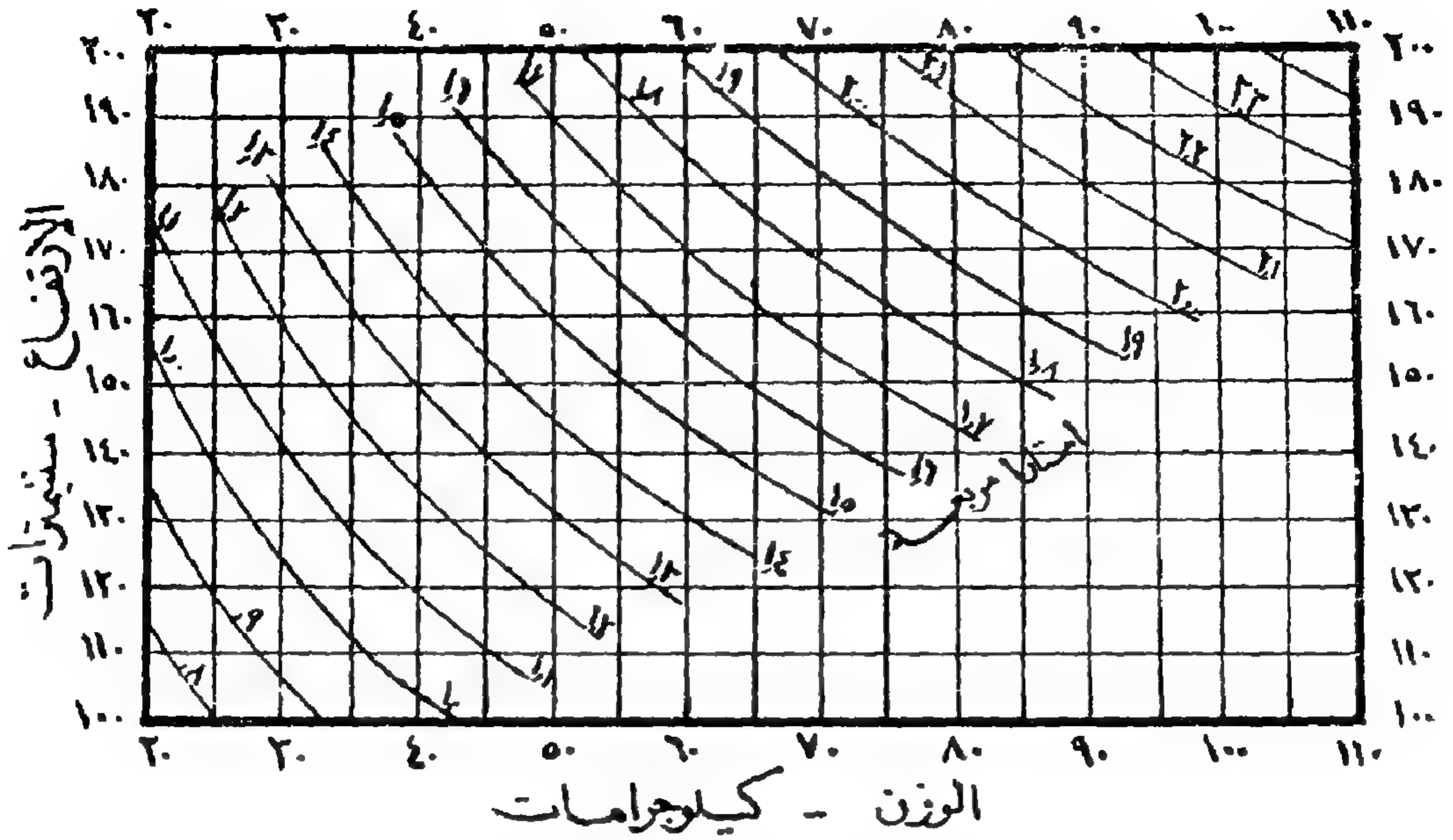
لوجد أن سرعة التمثيل الغذائي متماثلة تقريباً في الحيوانات المختلفة بما بينها الإنسان بالنسبة للمتر المربع من سطحها . وهو تقريباً نحو ١٠٠٠ سعر حرارى لكل متر مربع من سطح الجسم فى اليوم الواحد . ويبين (جدول ٥) هذه العلاقات .

جدول (٥)

الحيوان	وزن الجسم بالكيلو جرام	عدد الأسعار الحرارية المولدة فى اليوم	
		لكل كيلو جرام واحد	لكل متر مربع من سطح الجسم
الحصان	٤٤١	١١,٣	٩٤٨
الخنزير	١٢٨	١٩,١	١٠٧٨
الإنسان	٦٤,٣	٣٢,١	١٠٤٢
الكلب	١٥,٢	٥١,٥	١٠٣٩
الوزة	٣,٥	٦٦,٧	٩٦٩
الدجاجة	٢	٧١	٩٤٣
الفار	٠,٠١٨	٢١٢	١١٨٨

ولا تختلف هذه القاعدة بالنسبة للأشخاص المختلفين فان سرعة التمثيل الغذائى للشخص البدن الطويل أقل من سرعتها للشخص النحيف القصير إذا قورنت بالنسبة للكيلو جرام الواحد . ولكنها تكون متماثلة عند المقارنة بالنسبة للمتر المربع من سطح الجسم . وعليه وجب أن تقاس السرعة بالنسبة لسطح الجسم حتى تصح المقارنات الطبية .

ويمكن حساب سطح الجسم بالمتر المربع لآى شخص إذا عرف وزنه وارتفاعه وذلك من الرسم التخطيطى الآتى (شكل ٣٤) .



(شكل ٣٤) عن دو بوا (Du Bois)

رسم تخطيطي لتقدير سطح الجسم بالأمتار المربعة إذا عرف الوزن والارتفاع.

العوامل التي تؤثر في سرعة التمثيل الغذائي القاعدية

١ - عوامل فسيولوجية :

١ - السن : تكون السرعة قليلة عند الأطفال بعد الولادة مباشرة (٣٠ سعرا حراريا كبيرا لكل متر مربع من سطح الجسم في الساعة) . وتكون أقل من ذلك في الأطفال الذين يولدون قبل اتمام مدة الحمل . وتنخفض السرعة في الأسبوع الأول من حياة الطفل قليلا ولكنها ترتفع تدريجياً بعد ذلك وتصل إلى أعلى سرعة طبيعية في سن سنة إلى سنتين (٧٠ سعراً للتر المربع في الساعة) ثم تقل تدريجياً بعد ذلك حتى سن العشرين حيث تكون حوالي ٤٠ سعرا حراريا للتر المربع في الساعة . وتبقى ثابتة أو تقل قليلا بين سن العشرين والأربعين ، وبعد الأربعين تقل

في كل عشرة سنوات بمعدل سعرا حراريا للتر المربع في الساعة . وأما بعد سن السبعين فتقل بسرعة وقد قدر التمثيل الغذائي القاعدي لامرأة عمرها ١٠٧ سنة بمقدار ٢٢,٢٥ سعرا حراريا للتر المربع في الساعة .

وقد قيل إن السرعة تزيد وقت البلوغ—أى عند بدء الحيض في الإناث ونمو الأعضاء التناسلية الخارجية في الذكور—ولكن هذه الزيادة مشكوك في صحتها.

٢٠ — الجنس : تقل سرعة التمثيل الغذائي القاعدية في الإناث من ٧ — ٩ ٪ عن الذكور في السن المناظرة . ويبدو أن هذا الفرق ليس مسببا من الهرمونات التناسلية إذ يوجد في الأطفال قبل البلوغ ؛ وقد يكون سببه الدهن المخزون بمقادير أكبر تحت الجلد في الإناث عن الذكور إذ يساعد هذا الدهن على حفظ حرارة الجسم .

وبين (جدول ٦) سرعة التمثيل الغذائي القاعدية في الإناث والذكور في الأعمار المختلفة من سن ١٠ سنوات إلى سن ٧٠ سنة مقدرة لكل متر مربع من سطح الجسم .

جدول (٦)

السن	ذكور		إناث	
سنة	سعر في الساعة	سعر في اليوم	سعر في الساعة	سعر في اليوم
١٠—١٢	٥١,٥	١٢٣٦	٥٠	١٢٠٠
١٢—١٤	٥٠	١٢٠٠	٤٦,٥	١١١٦
١٤—١٦	٤٦	١١٠٤	٤٣	١٠٣٢
١٦—١٨	٤٣	١٠٣٢	٤٠	٩٦٠
١٨—٢٠	٤١	٩٨٤	٣٨	٩١٢
٢٠—٣٠	٣٩,٥	٩٤٨	٣٧	٨٨٨
٣٠—٤٠	٣٩,٥	٩٤٨	٣٦,٥	٨٧٦
٤٠—٥٠	٣٨,٥	٩٢٤	٣٦	٨٦٤
٥٠—٦٠	٣٧,٥	٩٠٠	٣٥	٨٤٠
٦٠—٧٠	٣٦,٥	٨٧٦	٣٤	٨١٦

٣ — حرارة الجو : تزداد السرعة قليلا في المناطق الباردة عن المناطق الاستوائية .

٤ — الغذاء : تزداد السرعة قليلا عند من يأكلون كميات كبيرة من المواد البروتينية. ويجب التمييز بين هذه الزيادة البسيطة في السرعة القاعدية التي تنتج من أكل كميات كبيرة من البروتين لمدة طويلة وبين التأثير المباشر للبروتين في زيادة أكسدة المواد الغذائية الذي يحدث بسرعة بعد الأكل (انظر ص ١٤٥) . هذا ويقال إن السرعة في النباتين أقل منها في آكلي اللحوم .

٥ — النوع : تقل السرعة في الشعوب الشرقية — كالصينية والهنود — عنها في الأمريكيين . ويبدو أن هذا اختلاف نوعي وليس مسبباً عن اختلاف في الغذاء أو في درجات الحرارة ، إذ وجد أن بعض البنات الصينيات اللواتي يعشن في أمريكا في نفس الظروف الغذائية والجوية ، تقل سرعة التمثيل الغذائية فيهن بمقدار ٩٪ عن زميلاتهن الأمريكيات .

٦ — العادات الجسمانية : تزداد السرعة قليلا في الرياضيين عنها في غير الرياضيين . وقد وجد لسك (Lusk) أن حبس الكلاب في الأقفاص يقلل من سرعة التمثيل الغذائي القاعدية عندهم .

٧ — الحمل : تزيد السرعة عند نهاية الحمل . ويظهر أن هذه الزيادة نتيجة لأكسدة المواد الغذائية في أنسجة الجنين وليست مسببة من تأثير خاص للحمل الطبيعي على التمثيل الغذائي .

٨ — النوم : تقل سرعة التمثيل الغذائي القاعدية في النوم بقدر ١٠٪ عن اليقظة .

ب — عوامل كيميائية : تزداد سرعة التمثيل الغذائي عند حقن الشخص بالمواد الكيميائية الآتية :

كافين ، أدرينالين ، ثيروكسين ، دينيتروفينول

٥ — عوامل مرضية:

تقل سرعة التمثيل الغذائي القاعدية في الأحوال الآتية :

١ — قلة التغذية والصيام : في تجارب قام بها بندكت على عدة أشخاص كانت القيمة الحرارية لطعامهم اليومي تتراوح بين ٣٢٠٠ و ٣٦٠٠ سعر حراري كبير ثم خفضت إلى ١٤٠٠ سعر في اليوم قل وزن هؤلاء الأشخاص حوالي ١٢ ٪ وفي الوقت نفسه قلت سرعة التمثيل الغذائي القاعدية بمقدار ١٨ ٪ . وكذلك وجد تزوتز وليثي (Zunz & Loewi) أن سرعة التمثيل الغذائي القاعدية عندهما قلت بمقدار ١٥ و ١٢ ٪ في حرب ١٩١٤—١٩١٨ عند قلة التغذية .

هذا وإذا قل وزن الجسم كثيراً من الصيام ربما زادت سرعة التمثيل الغذائي القاعدية إلى المستوى الطبيعي أو أكثر .

٢ — في مرض الضعفة الدرقية أو الميكسودوما (Myxoedema) . وقد تقل السرعة بقدر ٤٠ ٪ في هذا المرض .

٣ — في مرض ضعف الغدة فوق الكلوية (Suprarenal) أو مرض أديسون (Addison's disease) . وقد تقل السرعة في هذا المرض بقدر ٢٥ ٪ .

٤ — في حالات السمّة الناتجة من اضطراب في عمل الغدة النخامية (Pituitary) وقد يكون ذلك ناتجاً من قلة إفراز الفص الأمامي لهذه الغدة للهرمون الذي ينبه الغدة الدرقية (Thyrotropic) .

٥ — في التهاب الكلى الدهني (Lipoid nephrosis) .

وترتفع سرعة التمثيل الغذائي القاعدية في الحالات الآتية :

١ — زيادة إفراز الغدة الدرقية (Hyperthyroidism) . كما يحدث في مرض الجوتر الجحوظي (Exophthalmic goitre) . وقد تزيد السرعة

في هذا المرض بمقدار ١٠٠ ٪ إذ أن الهرمون ثيروكسين (Thyroxine) من أكبر المنبهات لأكسدة المواد الغذائية بالجسم .

٢ — في زيادة إفراز الغدة فوق الكلية . إذ أن الأدرينالين ينبه أكسدة المواد الغذائية .

٣ — في زيادة إفراز الغدة النخامية وربما تتج ذلك من زيادة إفراز الهرمون المنبه للغدة الدرقية .

٤ — في الحميات تزيد السرعة بقدر ١٣ ٪ لكل ارتفاع في درجة حرارة الجسم بمقدار درجة واحدة مئوية . وذلك يثبت أن التفاعلات الكيميائية تتأثر بارتفاع درجة الحرارة في جسم الإنسان كما تتأثر تماماً في أنبوبة اختبار عند رفع درجة الحرارة .

٥ — تزداد السرعة لسبب غير معروف في كثير من أمراض الدم مثل مرض اللوكيميا (Leukaemia) أي الدم الأبيض حيث تزيد كرات الدم البيضاء كثيراً . ومرض البوليسيثيميا (Polycythaemia) . أي مرض زيادة كرات الدم الحمراء وقد تكون الزيادة في هذه الأمراض كبيرة جداً — بمقدار ١٠٠ ٪

٦ — في حالات هبوط القلب (Heart failure) تزيد السرعة لسبب غير معروف .

الباب الثالث عشر

العوامل التي تؤثر على سرعة التمثيل الغذائي

ذكرنا في الباب السابق أن هناك ثلاثة عوامل مهمة تزيد سرعة التمثيل الغذائي . وهي الطعام والمجهود الرياضي وانخفاض درجة حرارة الجو . وعند منع تأثير هذه العوامل يصبح التمثيل الغذائي قاعدياً وتصح مقارنته عند الأشخاص المختلفين . وسندرس في هذا الباب تأثير هذه العوامل الثلاثة .

تأثير الطعام على سرعة التمثيل الغذائي

الفعل النوعي الديناميكي للطعام

(Specific Dynamic Action)

إذا تعاطى إنسان كمية من اللحم ابتداءً تمثيله الغذائي يزداد بعد ساعة ، ويستمر في الزيادة حتى يصل إلى درجة عالية في بحر ثلاث ساعات ، ثم يبقى عالياً لعدة ساعات بعد الطعام . وتسمى هذه المقدرة للطعام على تنبيه سرعة التمثيل الغذائي بالفعل النوعي الديناميكي . والبروتينات أشد أنواع الأطعمة تنبيهاً للتمثيل الغذائي . فلو أعطى شخص طعاماً قيمته الحرارية ١٠٠ سعر حراري ازداد تمثيله الغذائي بمقدار ٣٠ سعراً إن كان الطعام بروتيناً في حين يزداد ٦ سعراً إن تكون الطعام من مائيات الكربون و٤ سعراً فقط إن تكون من الدهن .

وهذه الحرارة الزائدة حرارة ضائعة لا يستفيد الجسم منها شيئاً . ففي حالة البروتينات لا يمكن الجسم أن يحولها إلى طاقة ميكانيكية أو إلى أي نوع آخر من الطاقة ذو فائدة للجسم وأما في حالات مائيات الكربون والدهون

فهناك بعض البرهان على أن الحرارة الزائدة الناتجة عن الفعل الديناميكي النوعي قد تستعمل في المجهود العضلي .

ولكى يظهر تأثير البروتينات في تنبيه التمثيل الغذائي جيداً يجب أن تكون حرارة الجو حوالى درجة ٣٣ مئوية إذ أنه كلما قلت حرارة الجو عن هذه الدرجة قل الفعل الديناميكي النوعي حتى يختفى تماماً في الجو البارد (أنظر جدول ٧) . إذ أن برودة الجو وحدها تنبه التمثيل الغذائي وتزيد من أكسدة المواد الغذائية كثيراً . وعلى ذلك فإن الحرارة الزائدة من الفعل النوعي الديناميكي تستعمل لحفظ حرارة الجسم في الجو البارد بدلا من زيادة الحرارة المفقودة . وتفسر هذه النقطة الضيق الذي يشعر به الانسان في الصيف بعد أكل كميات كبيرة من المواد التي تحتوى على البروتينات بكثرة كاللحم والبيض ؛ في حين أنه لو أخذت نفس هذه الكميات في الشتاء كان لها تأثيراً حسناً .

وقد عملت تجارب عديدة للكشف عن سبب الفعل النوعي الديناميكي للطعام ؛ ولأن لا يعرف السبب تماماً ولكن كشف البحث عن بعض النقاط المتعلقة بالموضوع ومنها :

١ — لا تنتج زيادة التمثيل الغذائي من زيادة عمل القناة أو الغدد الهضمية وذلك للأسباب الآتية :

(أ) أعطيت الكلاب عظاما كما أعطيت مسهلات لتنبيه حركات الأمعاء ولكن لم يؤد ذلك إلى زيادة تذكر في سرعة التمثيل الغذائي .

(ب) أعطيت حيوانات شورية اللحم وهي تدر إفراز العصير المعدي كثيراً ولكن لم ينتج عن ذلك زيادة تذكر في سرعة التمثيل الغذائي .

(ج) حقنت الأحماض الأمينية مباشرة في الدم — وبذلك استثنى أى تنبيه للقناة أو الغدد الهضمية — ومع ذلك زادت سرعة التمثيل الغذائي كما لو أعطيت هذه الأحماض على شكل بروتين في الطعام .

٢ — وجد أنه ليست للقيمة الحيوية للبروتين أى علاقة بفعله الديناميكي

النوعى فشلا كان الجيلاتين وزلال اللبن متساويين من حيث تنبيههما لسرعة التمثيل الغذائى . ولكن نسبت معظم الزيادة للأحماض الأمينية الآتية : — جليسين والالانين وليوسين وحمض جلو تاميك وتيروزين وفينيل الالانين . ويقال إن الأحماض الأمينية الباقية ليس لها تأثير .

٣ — ليس للأحماض الأمينية التى تستعمل بالجسم لبناء بروتوبلازم جديد فى حالات النمو أو الحمل أو النقاهة أى فعل ديناميكى نوعى وكل التأثير ينتج من الأحماض الأمينية التى تُطرد بمجموعاتها الأمينية بالجسم .

٤ — ليس للغدد الصماء دخل فى سبب الفعل الديناميكى النوعى إذ أنه وجد أن للأحماض الأمينية نفس التأثير إذا حقنت فى حيوان مستأصل منه الغدة الدرقية أو الغدة النخامية أو إذا حقنت فى حالات زيادة إفراز هذه الغدد بالإنسان .

٥ — ويقال إن الفعل النوعى الديناميكى يقل فى حالات السمنة البسيطة (Simple Obesity) ويزيد فى حالات التغذية الناقصة (Undernutrition) .

٦ — يقل الفعل النوعى الديناميكى للأحماض الأمينية كثيراً بعد استئصال الكبد ويقول بعضهم أنه يختفى .

وقد قدمت عدة نظريات لتفسير سبب الفعل النوعى الديناميكى منها :
أولاً : تنبه الأحماض الأمينية نفسها — أو الأحماض الكيتونية التى تنتج منها بعد طرد مجموعات الأمين بوساطة الكبد — أنسجة الجسم لتؤكسد وقوداً أكثر من الذى يستعمل فى التمثيل الغذائى القاعدى وليس من الضرورى أن يكون الوقود المستعمل أحماضاً أمينية بل قد يكون أى مادة أخرى موجودة .

ثانياً : تحويل الأحماض الأمينية إلى جلو كوز ثم إلى جليكوجين عملية مصحوبة بامتصاص الحرارة (Endothermic) ويحصل الجسم على الطاقة اللازمة لهذه العملية من أكسدة المواد الغذائية . ويظن أن المادة التى تؤكسد هى الجلو كوز إذ

أن معامل التنفس يزداد وقت الفعل الديناميكي النوعي . ولذلك قدمت النظرية أن بعضاً من الطاقة الناتجة من أكسدة المواد الغذائية يستعمل في تحويل الأحماض الأمينية إلى جليكوجين بينما يظهر البعض الآخر بشكل حرارة مفقودة وهي التي تكون الفعل النوعي الديناميكي . ويقدم ضد هذه النظرية أن فينيل ألانين من أقوى الأحماض الأمينية في التأثير على سرعة التمثيل الغذائي ولو أنه لا يتحول إلى جلوكوز بالجسم بالمرة .

ثالثاً — يمكن تفسير من ٢٥٪ إلى ٦٥٪ من الفعل النوعي الديناميكي بالطاقة اللازمة للكبد لتكوين البولين واللكلي لإفرازها . فمثلاً إذا حقن حيوان خلاص الصوديوم أو لكتات الصوديوم لا يزيد التمثيل الغذائي إلا قليلاً بينما إذا استعملت الأملاح النشادرية لهذه الأحماض التي تتحول بالجسم إلى بولين زادت سرعة التمثيل الغذائي كثيراً . ولكنه يقدم ضد هذه النظرية أن كل الأحماض الأمينية تكون بولين بالجسم مع أن سرعة التمثيل الغذائي لا تزيد إلا بستة منها فقط .

نستخلص مما تقدم أنه مع الأبحاث العديدة التي عملت في هذا الموضوع لا يمكن الآن إعطاء أى رأى فاصل عن السبب الحقيقي للفعل الديناميكي النوعي للبروتين . وأما في حالة مائيات الكربون فربما تسبب الفعل النوعي الديناميكي من الطاقة اللازمة لتحويل سكر العنب إلى جليكوجين . ولا يختفى الفعل النوعي الديناميكي لمائيات الكربون بعد استئصال الكبد . وليس هناك أى تفسير لتأثير الدهن وربما نتج فعله النوعي الديناميكي من زيادة في أكسدة الدهن بالجسم .

تأثير المجهود الرياضي على التمثيل الغذائي العام

المجهود الرياضي أقوى وأشد نشاط يمكن أن يحدث بالجسم . فبينما يستعمل الشخص ٢٥٠ سم^٣ من الأوكسيجين في الدقيقة وقت الراحة

تزيد هذه الكمية وقت المجهود الرياضى الشديد عدة مرات وقد تبلغ أربعة لترات من الأوكسيجين فى الدقيقة وبديهى أن ذلك يدعو إلى زيادة كبيرة فى عمل القلب وعضلات التنفس وسنختص فى هذا الباب بتأثير المجهود الرياضى على التمثيل الغذائى فقط وأما تأثيره على بقية وظائف الجسم فله باب آخر بالجزء الثانى .

ليس من الضرورى وجود الأوكسيجين أو الدورة الدموية كى تنقبض العضلات ؛ إذ أن انقباضها لاهوائى ؛ فإذا انتهى الانقباض احتاجت إلى الأوكسيجين كى تشفى من تأثير الانقباض وتعود إلى حالتها الأصلية . وعلى ذلك فوجود الأوكسيجين لازم للشفاء (recovery) ولكنه غير أساسى للانقباض نفسه ، إذ أن بالعضلات عمليات كيميائية تمكنها من أن تنقبض لاهوائياً مع صرف مقادير كبيرة من الطاقة ولذلك يقال إن العضلات وقت انقباضها يتراكم عليها دين من الأوكسيجين (Oxygen Debt) تدفعه وقت الشفاء . فمثلاً يحتاج الجسم إلى ستة لترات من الأوكسيجين تقريباً كى يقوم بسباق المائة متر . ويقطع الرياضى هذه المسافة فى عشرة ثوان تقريباً أو أقل ؛ وكثيراً ما يقوم الرياضى بكل المجهود مع إيقاف تنفسه إذ يظن البعض أنه إذا أوقف التنفس وجعل الصدر صلباً أمكنه أن يتم السباق على وجه أكمل بما لو كان الصدر متحركاً ، وحتى إذا تنفس الشخص وقت السباق فانه لا يستطيع بأى حال أن يقدم لعضلاته كل ما تحتاجه من الأوكسيجين فى ذلك الوقت القصير وذلك لأنه ليس فى مقدرة عمليات التنفس والدورة الدموية أن تقدم للعضلات أكثر من أربعة لترات أوكسيجين فى الدقيقة بأى حال من الأحوال . وهكذا نرى ديناً من الأوكسيجين يتراكم على الجسم وقت السباق . ويدفع الجسم هذا الدين عند انتهاء المجهود الرياضى .

ويمكن حساب دين الأوكسيجين بتقدير الزيادة فى ما يستهلكه الجسم

طاقة

جليكوجين

من الأوكسيجين وقت الشفاء بعد المجهود الرياضى عما يستهلكه فى مدة من الراحة مساوية لمدة الشفاء ؛ وقد تطول مدة الشفاء بعد المجهود الرياضى إلى ساعة أو ساعة ونصف أو أكثر . والطريقة بالاختصار هى أن يجمع هواء الزفير طول مدة الشفاء حتى يرجع الجسم إلى حالته العادية وبتحليله يمكن معرفة كل كمية الأوكسيجين التى تستهلك وقت الشفاء ويطرح منها الكمية التى يستعملها الجسم فى مدة مماثلة من الراحة وقد وجد بهذه الطريقة أن أكبر دين من الأوكسيجين تراكم بجسم الرياضيين هو ١٨ لتر تقريباً .

سبب دين الأوكسيجين : يحصل الجسم على معظم دين الأوكسيجين من عملية تحويل الجليكوجين الموجود بالعضلات إلى حامض اللبنيك وقت الانقباض إذ يعطى هذا التحويل طاقة وحرارة (exothermic) بينما يتم بدون وجود الأوكسيجين ولتراكم حامض اللبنيك فى الدم فائدة عظيمة فى تنبيه التنفس والدورة الدموية وقد تصل كميته فى الدم إلى ٢,٥ من الجرام فى مائة سنتيمتر مكعب وعند وجود الأوكسيجين يتأكسد حوالى ١/٥ حامض اللبنيك المتكون ويستعمل جزء من الطاقة الناشئة فى تحويل الأربعة الأخماس الباقية إلى جليكوجين ثانية يمكن استعماله مرة أخرى بوساطة العضلات . هذا وهناك عمليات كيميائية أخرى — كتحويل الفوسفاجين إلى كرياتين وفوسفات — تحدث بالعضلات وقت انقباضها وهى عملية لا هوائية أيضاً وتنتج طاقة بالعضلات ولكنها لا تسبب جزءاً كبيراً من دين الأوكسيجين وذلك لأن مقاديرها أقل من مقادير الجليكوجين وفضلاً عن ذلك فإنه يمكن لجزء كبير من الكرياتين والفوسفات المتكونين أن يتحداً لا هوائياً لتكوين الفوسفاجين مرة أخرى ؛ وتحصل العضلات على الطاقة اللازمة لهذا التحويل مما ينتج بها من الطاقة من تحويل الجليكوجين إلى حامض اللبنيك — وعليه فإن تحويل الجليكوجين إلى حامض اللبنيك هو السبب الأكبر فى الحصول على دين الأوكسيجين ولذلك يمكن حساب كميات حامض اللبنيك الموجودة

بالجسم إذا عرف مقدار دين الأوكسيجين كالاتي :

من المعادلة الآتية نرى أن كل جزيء من حامض اللبنيك يحتاج إلى ثلاثة جزيئات أوكسيجين لأكسدته إلى ثاني أكسيد كربون وماء .



ولما كانت أكسدة جزيء واحد من حامض اللبنيك مصحوبة بتحويل أربعة جزيئات أخرى إلى جليكوجين^(١) فإننا نرى أن استعمال ثلاثة جزيئات من الأوكسيجين وقت الشفاء تمحو من الدم خمسة جزيئات من حامض اللبنيك .
 . . كل جزيء من الأوكسيجين يمحو من الدم $\frac{5}{3}$ جزيء من حامض اللبنيك
 . . كل وزن جزيئي من الأوكسيجين يمحو من الدم $\frac{5}{3}$ وزن جزيئي من حامض اللبنيك .

. . كل ٢٢,٤ لتر من الأوكسيجين يمحو من الدم ١٥٠ جراماً من حامض اللبنيك .

أى أن كل لتر من دين الأوكسيجين يمحو من الدم حوالى ٧ جرامات حامض اللبنيك .

هذا ويلاحظ أن أكسدة حامض اللبنيك تحصل أيضاً وقت المجهود الرياضى فإذا زاد تكون حامض اللبنيك بواسطة العضلات عن محوه من الدم بواسطة أكسدته تراكم حامض اللبنيك وتراكم دين الأوكسيجين حتى يصل إلى حده الأعلى وعندئذ لا يستطيع الجسم أن يستمر في المجهود .

الحالة الثابتة (Steady state) : عند البدء في المجهود الرياضى يتكون حامض اللبنيك فينبه التنفس والدورة الدموية وتزداد كمية الأوكسيجين المستعملة وكلما اشتد المجهود الرياضى زاد حامض اللبنيك وزاد استعمال الأوكسيجين فإذا لم يكن المجهود الرياضى شديداً جداً نصل إلى حالة تكون فيها كمية حامض اللبنيك التى تتكون بالعضلات فى الدقيقة مساوية للكمية التى تمحى بواسطة

(١) انظر باب التغيرات الكيميائية التى تحدث بالعضلات وقت انقباضها بالجزء الثانى

الأكسدة والتحويل ثانية الى جليكوجين في نفس الوقت وبذا تبقى كمية حامض اللبنيك في الدم وكمية دين الاوكسيجين ثابتتين مع استمرار المجهود الرياضي ، وفي هذه الحالة يمكن للشخص أن يستمر في مجهوده مدة طويلة بلا تعب . ولا يمكن الحصول على هذه الحالة الثابتة إلا إذا كان ما يحتاجه المجهود الرياضي من الاوكسيجين لا يزيد عن لترين في الدقيقة .

الوقود الذي تستعمله العضلات في المجهود الرياضي : في التجارب التي عملت على عضلات مفصولة من الحيوانات ذوات الدم البارد كالضفادع وجد أنه عند ما تنقبض العضلات إلى درجة التعب يختفى الجليكوجين الذي بها بينما تبقى كمية الدهن ثابتة . هذا وقد أمكن تأجيل حدوث التعب بهذه العضلات إذا قدم إليها الجلوكوز ومنع تراكم حامض اللبنيك بها بواسطة تنبيهها في محلول حافظ للتفاعل Buffered solution . يستنتج من هذه التجارب أن هذه العضلات المفصولة تستعمل مائيات الكربون وقوداً لانقباضها .

وقد عملت تجارب أخرى على عضلات الثدييات ولكنها لم تؤدّ إلى مثل هذه النتيجة فقد حلت كمية الاوكسيجين وثنائي أكسيد الكربون في الدم الشرياني والوريدي للعضلات ووجد أن معامل تنفس العضلات في كثير من الأحوال ينقص عن الوحدة مما يدل على أن مائيات الكربون ليست الوقود الوحيد للعضلات . هذا وقد أمكن دراسة نفس الموضوع في جسم الانسان بواسطة تقدير معامل التنفس للتمثيل الغذائي الزائد والذي ينتج من المجهود الرياضي (Excess R. Q. of exercise) وذلك بجمع كل هواء الزفير طول مدة المجهود الرياضي ومدة الشفاء منه وتقدير كمية الاوكسيجين التي استعملت في هذه المدة وكمية ثاني أكسيد الكربون التي نتجت عنها ثم تطرح من هذه الكميات كميات الاوكسيجين وثنائي أكسيد الكربون التي يستعملها



الجسم في مدة من الراحة مساوية لمدة المجهود والشفاء وبذا يمكن الحصول على معامل التنفس للتمثيل الغذائي الزائد (Excess R. Q.) والذي ينتج من المجهود الرياضي نفسه . فمثلا لنفرض أن الشخص يستهلك وقت الراحة ٢٥٠ سم^٣ من أ_١ ويخرج ٢٠٠ سم^٣ من أ_٢ في الدقيقة ؛ في حين أن متوسط ما يستهلكه وقت المجهود الرياضي والشفاء منه ١٢٥٠ سم^٣ من أ_١ ومتوسط ما يخرج منه ١١٠٠ سم^٣ من أ_٢ في الدقيقة ، كان معامل تنفس التمثيل الغذائي الزائد بسبب المجهود الرياضي (Excess R. Q.)

$$0.9 = \frac{200-1100}{250-1250} =$$

وباتباع هذه الطريقة وجد أنه ليس من اللازم أن يكون الوقود المستعمل للمجهود الرياضي مائيات الكربون إذ تستعمل العضلات الدهن أيضا . وتتوقف الكمية المستعملة من هذين النوعين على مدة المجهود الرياضي وشدته وعلى ما يحتويه الجسم من مائيات الكربون والدهن عند عمل المجهود ، ويظهر أن العضلات تفضل استعمال مائيات الكربون إن وجدت .

فإذا كان المجهود شديداً قصير المدة — كما يحدث في مسابقات المائة متر مثلاً — كان معامل التنفس حوالى ١ ، مما يدل على أن الوقود المستعمل في المجهود هو مائيات الكربون . أما إذا كان المجهود شديداً ومستمرأ — كما يحدث في المسابقات الطويلة — فيبدأ معامل التنفس عالياً مما يدل على استعمال مائيات الكربون ثم ينقص تدريجياً ، وذلك لأن كمية النشاء الحيوانى المخزون بالكبد تستعمل تدريجياً ، وعند ما تقل يستعمل الجسم الدهن كوقود للمجهود الرياضي . أما إذا كان المجهود الرياضي بسيطاً ويمكن استمراره ساعات — كالمشي مثلاً — كان معامل التنفس حوالى ٠.٨ — ٠.٨٥ ، مما يدل على احتراق مزيج من مائيات الكربون والدهون .

وإذا قام شخص بمجهود رياضي وهو صائم أو إذا كان الشخص مريضاً

بالبول السكرى وكان كبده خالياً من النشاء الحيوانى كان معامل التنفس الزائد للجهود حوالى ٧١. - ٧٣ ، مما يثبت أكسدة الدهون . أما إذا أعطى الشخص الصائم قبل المجهود الرياضى كمية من سكر العنب ارتفع معامل التنفس وقد وجد ايضا أن معامل التنفس الزائد يكون فى نفس الشخص أقرب إلى الوحدة إذا تناول طعاماً غنياً بمائيات الكربون منه إذا كان طعامه غنياً بالدهون حتى ولو كان المجهود الرياضى متساوياً فى الحالتين من حيث شدته ومدته .

تأثير المجهود الرياضى على التمثيل الغذائى للبروتين : لا يدعو المجهود الرياضى إلى زيادة يمكن ملاحظتها فى التمثيل الغذائى للبروتين . ففى وقت الصيام حيث يتخفى الجليكوجين من الكبد نرى أن القيام بالمجهود الرياضى لا يزيد كمية الأزوت الذى يفرز بالبول إلا بمقادير قليلة جداً بحيث أنه قد ثبت أن ٩٣ ٪ على الأقل من طاقة المجهود الرياضى تنشأ من أكسدة الدهن . وكذلك فى الأحوال العادية لا يدعو المجهود الرياضى إلى زيادة فى كمية الأزوت اللابروتينى فى الدم أو الذى يفرز فى البول .

تأثير المجهود الرياضى على درجة حرارة الجسم : يزيد المجهود الرياضى سرعة تولد الحرارة بالجسم كثيراً فبينما نجد أن الجسم يولد ٤ سعراً حرارياً كبيراً لكل متر مربع من سطحه فى كل ساعة تحت الشروط القاعدية تزداد هذه الكمية وقت المجهود الرياضى عدة مرات وعليه نرى أن الحرارة التى يفقدها الجسم من سطحه تزداد أيضاً تبعاً لذلك وأهم الأسباب التى تؤدى إلى زيادة الحرارة المفقودة هو تبخر العرق الذى يفرز بكثرة وقت المجهود . ولكن مع وجود هذه الزيادة فى الحرارة المفقودة ترتفع درجة حرارة الجسم وقد تزيد عن الطبيعى بمقدار ٣ درجات مئوية ولا يتوقف ارتفاع درجة حرارة الجسم على شدة المجهود ومدته فقط بل على الأحوال الجوية أيضاً فإذا كان الجو بارداً وجافاً وبه تيارات هوائية ساعد ذلك على فقد معظم

الحرارة المتولدة بالجسم أو كلها فلا ترتفع درجة حرارة الجسم إلا قليلاً وإما إذا عمل مجهود في جو دافئ رطب ساكن كانت زيادة درجة حرارة الجسم كبيرة إذ لا يتمكن الجسم من أن يفقد كل ما يتولد به من الحرارة (انظر ص ١٦٥) . وقد يساعد ارتفاع درجة حرارة الجسم وقت المجهود الرياضى التفاعلات الكيميائية كأ كسدة حامض اللبنيك ومنع تراكمه في الدم بكثرة . كما وأنه يقلل من قابلية الهيموجلوبين للأوكسيجين . وبذا يساعد في تقديم الأوكسيجين المتحد مع الهيموجلوبين للأنسجة ، ولو أن ارتفاع درجة الحرارة الذى يحدث وقت المجهود الرياضى ليس كافياً لأن يجعل لهذا العامل الأخير أهمية فسيولوجية كبيرة .

قدرة الجسم الميكانيكية (Mechanical Efficiency) : يمكن تعريف القدرة الميكانيكية بأنها تساوى

مقدار الطاقة التى تظهر بشكل عمل نافع

$$\times 100 \text{ مثلاً إذا صعد شخص}$$

 مقدار الطاقة الكلية التى يصرفها للجسم للقيام بهذا العمل
 سلماً ارتفاعه ١٠ مترات وكان وزن جسمه ٦٠ كيلوجراماً فقد اكتسب
 جسمه طاقة كامنة (Potential Energy) تساوى ٦٠٠ كيلوجرام متر أى

$$\frac{600}{426,5} = 1,4$$
 سعراً حرارياً كبيراً (١) . وذلك هو ما يسمى بالعمل
 النافع وللقيام بهذا المجهود لا يصرف الجسم طاقة مساوية للعمل النافع
 فقط ولكنه يصرف أكثر منها بكثير . ويظهر الباقي على شكل حرارة
 مفقودة . والقدرة الميكانيكية للجسم وقت المجهود الرياضى من ٢٠-٢٥ %
 تقريباً أى أن ما يصرفه الجسم من الطاقة فى المثال السابق يساوى

$$1,4 \times \frac{1}{3} = 0,47$$
 سعراً حرارياً ، وتؤثر القدرة الميكانيكية بعوامل كثيرة
 منها ما يأتى :

(١) السعر الحرارى الكبير = ٤٢٦,٥ كيلوجرام متر وتستعمل هذه المعادلة لتحويل العمل الميكانيكى إلى طاقة حرارية .

١ — سرعة القيام بالمجهود الرياضى : لكل مجهود رياضى سرعة معينة تكون فيها القدرة الميكانيكية أكبر ما يمكن وتقل إذا زادت أو نقصت السرعة عن ذلك . ففى صعود الدرج مثلاً وجدت أعلى قدرة ميكانيكية عند ما يكون الصعود بمعدل ٥٠ درجة فى الدقيقة .

٢ — التمرين الرياضى : تكون القدرة الميكانيكية أكبر عند الرياضيين منها عند الغير المتمرنين وذلك لأنه بالتمرين يكتسب الجهاز العصبى مقدرة أكبر على تنظيم حركات العضلات ومنع الحركات الزائدة والغير الضرورية .

٣ — فى حالات التعب تقل القدرة الميكانيكية للقيام بأى مجهود رياضى

٤ — تقل القدرة الميكانيكية بمقدار ١٠ ٪ إذا كان الوقود المستعمل فى المجهود الرياضى هو الدهن .

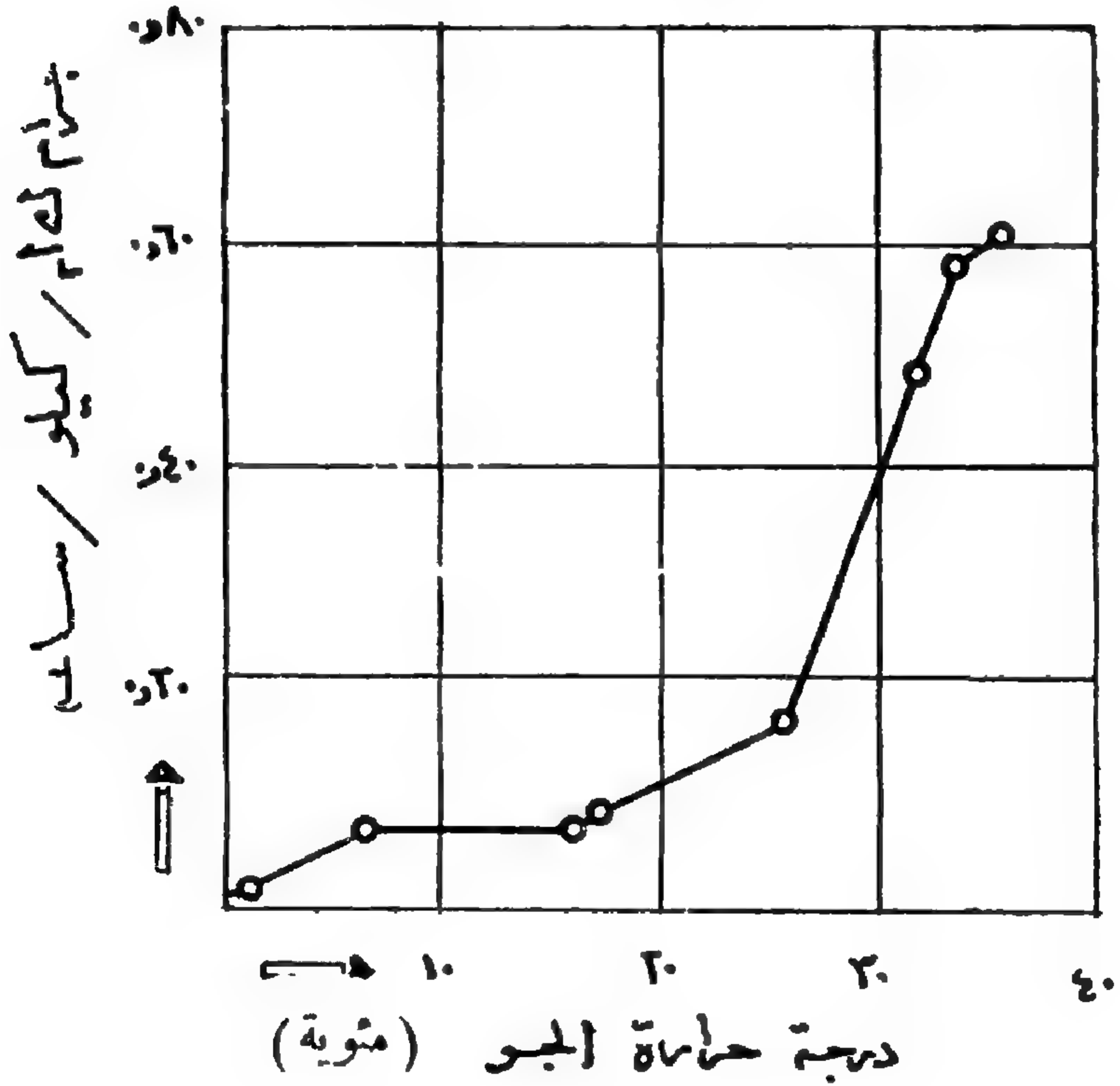
هذا ويجدر بنا أن نشيد بهذه القدرة الميكانيكية العالية للجسم إذ أنه من المستحيل أن نحصل خارج الجسم على قدرة ميكانيكية مماثلة باستعمال نفس المواد العضوية التى يستعملها الجسم فى درجة الحرارة الموجودة بالجسم وإنه من المعلوم أن أعظم الآلات التى اخترعت للآن لا تزيد قدرتها الميكانيكية كثيراً عن تلك الموجودة بالجسم مع أن أكسدة الوقود تجرى فى هذه الآلات فى درجات حرارية مرتفعة جداً .

تأثير درجة حرارة الجو على سرعة التمثيل الغذائى

تنظيم درجة حرارة الجسم

تنقسم الحيوانات قسمين : حيوانات ذوات الدم البارد وأخرى ذوات الدم الحار ، فى الأولى — كالضفادع والأسماك — تتغير درجة حرارة الجسم بتغيير درجة حرارة الجو المحيط به ، فعند ما تنخفض درجة حرارة الجو تنخفض معها درجة حرارة الجسم وينتج عن ذلك ببطء فى كل التفاعلات الكيميائية التى تتوقف عليها الحياة ، فيقل استهلاك الأوكسيجين وإخراج

ثانى أكسيد الكربون وتقل سرعة القلب والتنفس وتبطىء حركة العضلات كما يبطىء سير الإشارات العصبية وغير ذلك من الأعمال الحيوية . وكثير من هذه الحيوانات ينام لذلك طول مدة الشتاء . وإذا ارتفعت درجة حرارة الجو ترتفع معها درجة حرارة الجسم فتزيد سرعة التفاعلات الكيميائية به ، ويبين (شكل ٣٥) تأثير درجة حرارة الجو على إخراج ثانى أكسيد الكربون من الضفادع . وأما فى الحيوانات ذوات الدم الحار — كالثدييات والطيور — فتبقى درجة حرارة الجسم فيها ثابتة ولا تتغير مع تغير درجة حرارة الجو ولذلك يمكن لخلاياها أن تقوم بأعمالها شتاء وصيفاً بنفس السرعة .



(شكل ٣٥) (مارتان)

وتكون حرارة جسم الإنسان منخفضة فى الصباح المبكر ، حوالى الساعة الرابعة إلى الخامسة صباحاً . وترتفع إلى قمتها حوالى السادسة إلى السابعة مساءً . ولكن الفرق بين أعلى وأقل درجة حرارة يومية هو حوالى ٠,٥ إلى ١,٠ درجة مئوية فقط . ويكون التغير اليومي منعكساً عند من يعملون ليلاً

وينامون نهائياً . وإذا استثنينا هذه التغيرات اليومية البسيطة نجد أن حرارة الجسم السليم تبقى ثابتة حول درجة ٣٦,٥ إلى ٣٧° مئوية بالرغم من التغيرات الكبيرة التي تحدث في حرارة الجو (١) .

وينظم حرارة الجسم مركز عصبي موجود في أسفل المخ يسمى هيپوثالامس (Hypothalamas) ويتأثر هذا المركز بأقل تغير في درجة حرارة الدم الذي يغذيه كما يتأثر بإشارات عصبية تصل إليه من أعضاء حساسة موجودة بالجلد ؛ تحس برودة أو حرارة الجو . ونتيجة لهذه الاشارات يوازن المركز العصبي بين كمية الحرارة التي يفقدها الجسم إلى الجو وبين كمية الحرارة التي يولدها الجسم من أكسدة المواد الغذائية ؛ وبذلك تبقى درجة حرارة الجسم ثابتة .

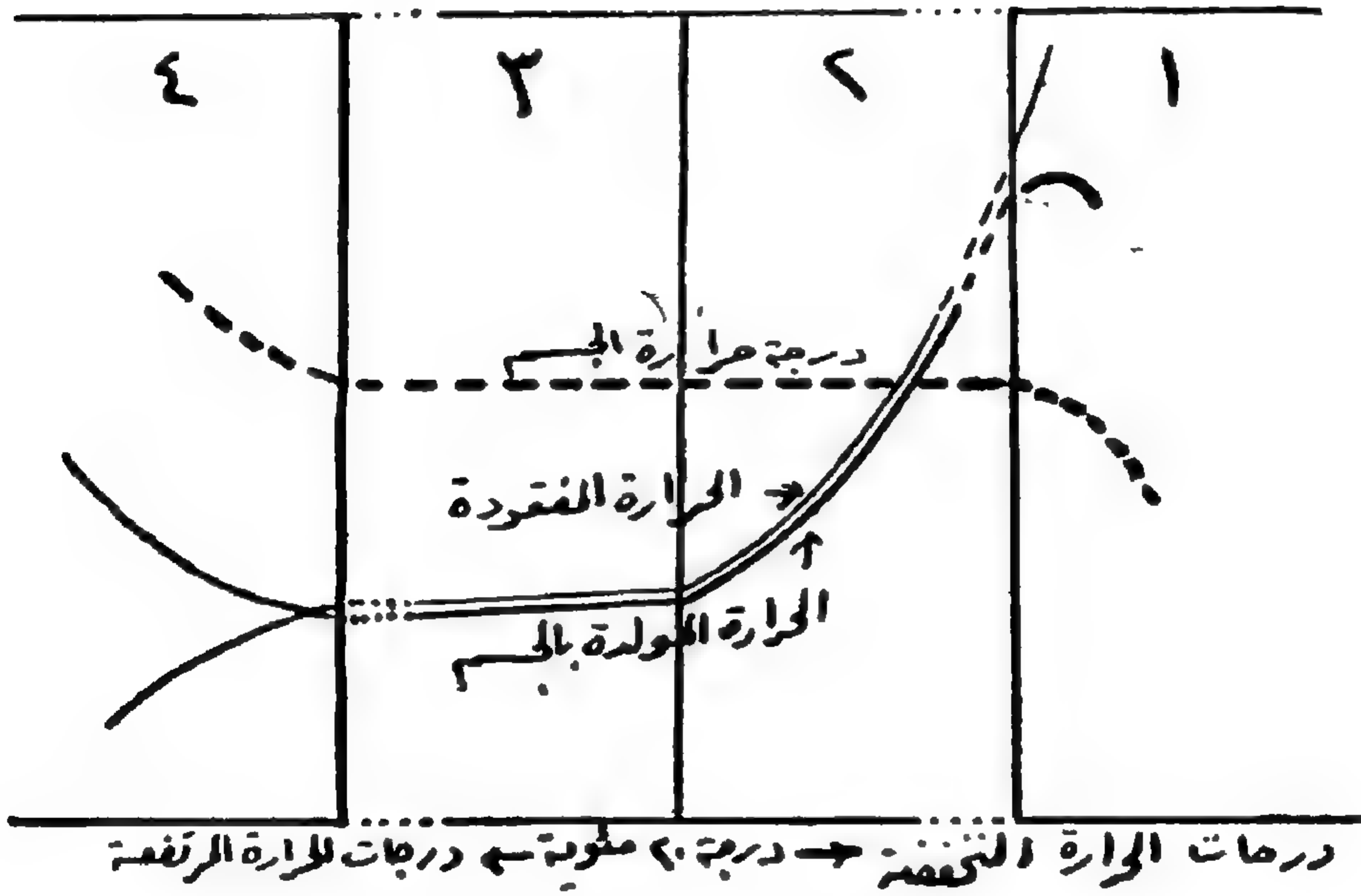
رأينا في الباب السابق أن جسم الرجل البالغ يولد ٤٠ سعراً حرارياً كبيراً في الساعة لكل متر مربع من سطح الجسم تحت الظروف القاعدية ؛ أي عند الراحة التامة وفي حالة ما بعد الامتصاص وعندما تكون درجة حرارة الجو حوالي ٢٠ مئوية . والآن نقول أنه إذا انخفضت تدريجياً درجة حرارة الجو عن درجة ٢٠ مئوية زاد ذلك من الفرق بين درجة حرارة الجو ودرجة حرارة جلد الجسم وبذا تزيد كمية الحرارة التي يفقدها الجسم إلى الجو . ولكي تبقى حرارة الجسم ثابتة تزيد سرعة التمثيل الغذائي فتزداد الحرارة التي تولد بالجسم حتى تساوى الحرارة المفقودة . وكلما انخفضت درجة حرارة الجو زادت أكسدة المواد الغذائية لتبقى حرارة الجسم ثابتة ويسمى

(١) تقاس درجة حرارة جسم الانسان عادة بوضع الترمومتر في الفم تحت اللسان أو في المستقيم أو تحت الإبط . ودرجة الحرارة التي تقاس عن طريق المستقيم تكون أعلى بنصف درجة مئوية عما إذا قيست عن طريق الفم . وأما إذا وضع الترمومتر تحت الإبط فيجب تركه مدة طويلة — حوالي ١٠ دقائق — كي يعطى تقديراً صحيحاً . ودرجة الحرارة مقاسة تحت الإبط تكون أقل منها عند ما تقاس بطريق الفم بمقدار درجة واحدة مئوية تقريباً . وتزيد درجة حرارة الأعضاء الداخلية كالكبد عن درجة حرارة الجلد . وتكون درجة حرارة الكبد حوالي ٣٨ مئوية . بينما تكون درجة حرارة الجلد المغطى بالملابس ٣٥,٥ إلى ٣٦ مئوية وتختلف درجة حرارة الجلد العاري كثيراً باختلاف درجة حرارة الجو .

هذا التنظيم بالتنظيم الكيميائي (chemical regulation) لأنه ينتج عن زيادة التفاعلات الكيميائية. وإذا انخفضت درجة حرارة الجو كثيراً ومنع الشخص من القيام بأي مجهود عضلي إرادي وكان عار من الملابس زادت كمية الحرارة المفقودة عن كمية الحرارة التي تتولد بالجسم وقت الراحة ، فتقل درجة حرارة الجسم ويدعو ذلك إلى نقص في سرعة أكسدة المواد الغذائية بالجسم فتقل درجة حرارة الجسم أكثر من ذلك وهلم جرا (Hypothermal drop in metabolism) وتسبب نقص درجة حرارة الجسم شلل المراكز العصبية العليا بالمنع فتحدث الغيبوبة ويقل التنفس وضغط الدم ويمكن معالجة هذه الحالة بإيقاف فقد حرارة الجسم إلى الجو وباستعمال تدفئة صناعية للجسم . وقد أمكن إرجاع درجة حرارة بعض الأشخاص إلى حالتها الطبيعية بعد أن نقصت بسبب التعرض للبرد إلى درجة منخفضة جداً — درجة ٢٤ مئوية .

وأما إذا ارتفعت درجة حرارة الجو فوق درجة ٢٠ مئوية أدى ذلك إلى نقص في الفرق بين درجة حرارة الجلد ودرجة حرارة الجو. وأصبح متعذراً على الجسم أن يتمكن من أن يفقد للجو كميات حرارية مساوية لتلك التي تتولد به لولا أن المركز العصبي يقوم بترتيبات تسمح للجسم أن يفقد الحرارة التي تتولد به بالرغم من ارتفاع درجة حرارة الجو ؛ وهكذا تبقى درجة حرارة الجسم ثابتة . ويسمى هذا التنظيم بالتنظيم الطبيعي (physical regulation) إذ أن ثبوت درجة حرارة الجسم ناتج من ترتيبات طبيعية كزيادة درجة حرارة الجلد وكمية ما يتبخر منه من الماء بينما تبقى سرعة التمثيل الغذائي قاعدية ولا تنقص إلا قليلاً . وإذا ارتفعت حرارة الجو إلى درجات عالية بحيث لا يستطيع الجسم أن يفقد كل ما يولد به من الحرارة بالرغم من ترتيبات المركز العصبي ، زادت درجة حرارة الجسم ، ويؤدي ذلك إلى زيادة في سرعة التمثيل الغذائي وهكذا تزداد حرارة الجسم أكثر فأكثر (Hyperthermal rise in metabolism) وتحدث الوفاة عند ما تصل درجة

حرارة الجسم إلى حوالي ٤٤ مئوية . أما درجة حرارة الجو التي يحدث فيها هذا الارتفاع فتوقف على رطوبة الجو وعلى وجود التيارات الهوائية كما سنراه فيما بعد . وهكذا نرى أن حرارة الجسم تبقى ثابتة بالرغم من تغير كبير في حرارة الجو وينتج ذلك عن التنظيم الكيميائي في درجات حرارة الجو المنخفضة والتنظيم الطبيعي في درجات الحرارة العالية . ويبين شكل ٣٦ تأثير انخفاض وارتفاع درجة حرارة الجو عن ٢٠ مئوية على الحرارة التي تولد بالجسم والحرارة التي تفقد منه وعلى درجة حرارة الجسم .



(درجة حرارة الجو)

- ١ — قلة التمثيل الغذائي الناتج من انخفاض درجة حرارة الجسم تحت الدرجة الطبيعية
(hypothermal drop in metabolism)
- ٢ — التنظيم الكيميائي (chemical regulation)
- ٣ — التنظيم الطبيعي (physical regulation)
- ٤ — زيادة التمثيل الغذائي الناتج من ارتفاع درجة حرارة الجسم فوق الدرجة الطبيعية
(hyperthermal rise in metabolism)

شكل (٣٦)

التنظيم الكيميائي : إذا انخفضت درجة حرارة الجو نهت البرودة نهايات أعصاب حساسة بالجلد (cold sensory nerve endings) فترسل

هذه الأعضاء الحساسة إشارات إلى المركز العصبي الموجود في أسفل المخ —
الهيپوثالامس — فيقوم هذا المركز بما يأتي : —

١ — يرسل إشارات عن طريق الأعصاب السمپاثوية التي تجهز الجلد إلى أوعية الجلد الدموية فيقبضها ، فيقل مرور الدم بالجلد وتنخفض درجة حرارته . ويؤدي ذلك إلى انخفاض في الفرق بين درجة حرارة الجلد ودرجة حرارة الجو وهذا يساعد على نقص كمية الحرارة التي يفقدها الجسم إلى الجو ويمنعها من أن تكون كبيرة جداً . كما هي الحالة إذا لم تنخفض درجة حرارة الجلد .

٢ — يزيد المركز العصبي من سرعة التمثيل الغذائي بالجسم فتزيد كمية الحرارة التي تتولد به حتى تساوى كمية الحرارة المفقودة ؛ وبذا تبقى درجة حرارة الجسم ثابتة . وقد وجد هيل وكامبل (Hill & Campbell) أنه لو وضع الجسم في حمام ماء بارد (في درجة ٥ مئوية) زادت سرعة التمثيل الغذائي بمقدار اثنتى عشر مرة عنه في درجة الحرارة العادية لمدة العشرة دقائق الأولى من التعرض للحمام البارد وبعدها يصيب المركز العصبي الهبوط ثم تقل حرارة الجسم .

ويزيد المركز العصبي كمية الحرارة التي تتولد بالجسم عند انخفاض درجة حرارة الجو بالطرق الآتية : —

أولاً : يرسل إشارات في العصب الحشوى (Splanchnic nerve) إلى الغدة فوق الكلوية ويجعلها تفرز كميات كبيرة من مادة الأدرينالين . والأدرينالين كما رأينا في صفحة (١٤٢) يزيد سرعة التمثيل الغذائي . ولإثبات ذلك قطع كانون (Cannon) كل الأعصاب التي تجهز قلب القط . وبصير القلب بعد هذه العملية حساساً جداً لمادة الأدرينالين بالدم . وتكفي نسبة ١ لأن تزيد من سرعة القلب . وقد وجد كانون أن سرعة القلب تزداد إذا عرض مثل هذا القط إلى جو بارد ولا يحدث ذلك إذا

قطعت الأعصاب الحشوية التي تجهز الغدة فوق الكلية أو إذا استئصلت الغدة من الناحيتين قبل تعريض القط للجو البارد . ويثبت ذلك أن زيادة سرعة القلب ناتجة من إفراز الأدرينالين . وأن الجو البارد يدعو إلى زيادة إفراز هذه المادة . وبما يثبت أيضاً أهمية الغدتين فوق الكلية في تنظيم درجة حرارة الجسم أنه عند استئصالهما تقل درجة حرارة الجسم ويصير تنظيمها غير دقيق .

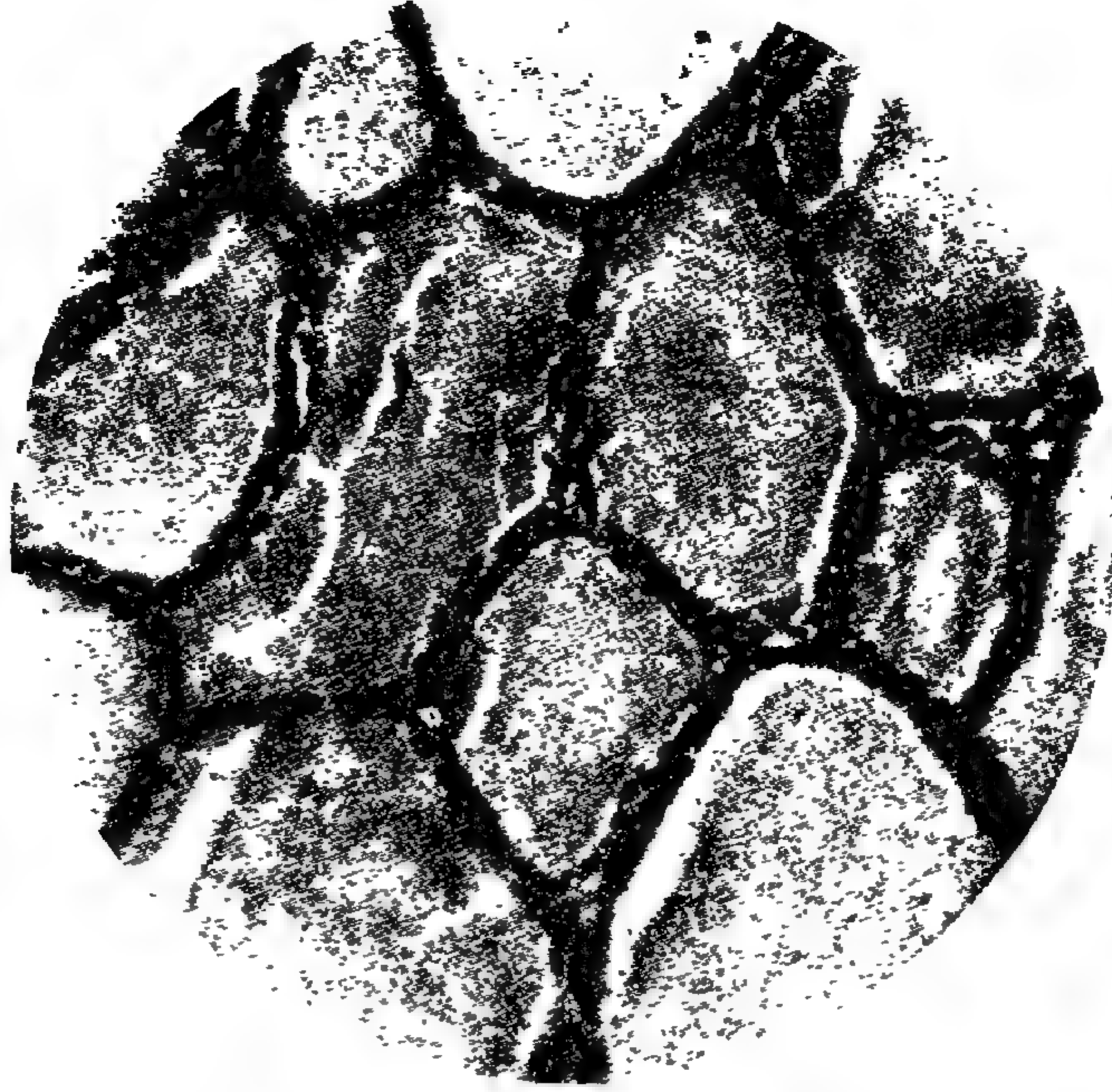
ثانياً: يزداد النشاط العضلي (muscle tone) . ويحدث ارتعاش بالعضلات (Shivering) وهذا الارتعاش غير إرادي ويزيد الحرارة التي تتولد بالجسم كثيراً ، ويثبت أهمية العضلات في زيادة الحرارة التي تتولد بالجسم في الجو البارد ما يأتي:

١ — إذا حقن حيوان بمادة الكواري (Curare) ارتخت العضلات تماماً إذ أن هذه المادة تشل نهايات الأعصاب المحركة للعضلات وتمنع أي سيطرة للجهاز العصبي على العضلات . ولكي يعيش الحيوان بعد حقنه بهذه المادة يجب إجراء تنفس صناعي له . وبعد حقن هذه المادة يصبح الحيوان كالحيوانات ذوات الدم البارد . فتتخفض درجة حرارة جسمه سريعاً مع انخفاض درجة حرارة الجو إذ لا يمكن المركز العصبي أن يزيد النشاط العضلي أو يسبب ارتعاش العضلات .

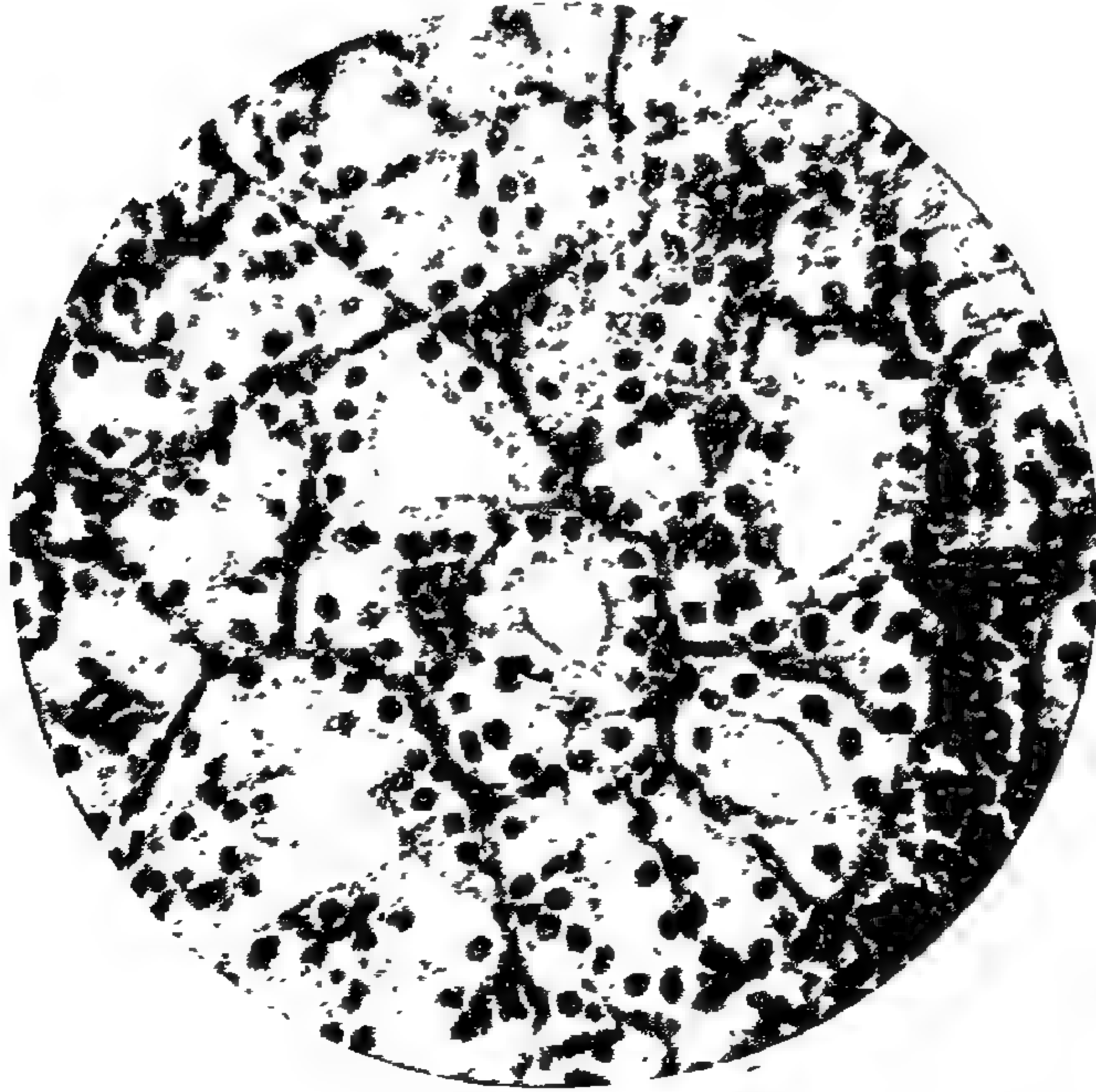
ب — إذا قطع النخاع الشوكي لحيوان في أعلى الجزء الصدري ارتخت العضلات ويصير الحيوان عرضة لانخفاض درجة حرارته عندما تنخفض درجة حرارة الجو .

ح — الأطفال الحديثي الولادة معرضون للبرد بسرعة وذلك لأنه ليس لجهازهم العصبي المقدرة التامة على تنظيم حركات عضلاتهم .

ثالثاً: عند تعريض الجسم لجو بارد لمدة طويلة يزداد إفراز الهرمون ثيروكسين من الغدة الدرقية . ولهذا الهرمون كما رأينا (صفحة ١٤٢) مقدرة كبيرة على زيادة سرعة التمثيل الغذائي للجسم فكل ميلليجرام واحد منه يزيد التمثيل الغذائي بمقدار ١٠٠٠ سعر حراري . وتثبت الأدلة الآتية نشاط الغدة الدرقية في إفراز الثيروكسين في الجو البارد .



أ — غدة درقية من حيوان في جو حار — وتظهر الحويصلات ممتلئة بالمادة الغروية والخلايا مسطحة .



ب — غدة درقية من حيوان في جو بارد — وتظهر الحويصلات صغيرة وتندم أو تقل فيها المادة الغروية — والخلايا عمودية أو مكعبة .
شكل (٣٧) (عن شيفر عن شالرز وواتسون)

١ — عند تعريض الحيوانات إلى جو بارد تحدث تغيرات ميكروسكوبية في الغدة الدرقية تثبت زيادة عملها ، فمثلا تتسع الشرايين والشعريات التي تجهزها ، فيزيد مرور الدم بها . وتصير الخلايا عمودية أو مكعبة بعد أن كانت وقت راحة الغدة مسطحة . وتقل كمية المادة الغروية التي تحتوى على الثيروكسين في الحويصلات الدرقية مما يثبت مرور الإفراز إلى الدم وعدم خزنه في الغدة كما في وقت الراحة ويبين شكل (٣٧) هذه التغيرات الميكروسكوبية .

ب — إذا عرض حيوان إلى جو بارد ثم أخذ مصله وحقن في حيوان آخر ، أدى هذا المصل إلى زيادة سرعة التمثيل الغذائي في الحيوان الآخر . ولا تحدث هذه الزيادة إذا استؤصلت الغدة الدرقية من الحيوان الذي يعرض للبرد والذي يؤخذ منه المصل .

ح — في حالات الميكسوديميا — حيث يهبط عمل الغدة الدرقية — تكون درجة حرارة الجسم أقل من الطبيعية .

وفضلا عن هذه الترتيبات التي تدعو إلى زيادة سرعة التمثيل الغذائي في الجو البارد لحفظ حرارة الجسم فإن تعاطى البروتينات في الجو البارد يساعد أيضاً على حفظ حرارة الجسم إذ أنه — كما رأينا في صفحة (١٤٦) لا يظهر للبروتينات فعلها النوعي الديناميكي في هذه الحالة . ويبين جدول (٧) تأثير تعاطى البروتينات في سرعة التمثيل الغذائي لكلب عند درجات حرارية جوية مختلفة (عن لسك)

جدول (٧)

درجة حرارة الجو مئوية	كمية الحرارة التي تتولد بالجسم مقدرة بالسعر الحرارى الكبير لكل كيلو جرام من وزن الجسم		
	في حالة الصيام	في حالة تعاطى ٥٥٠ جراما من اللحم	الزيادة الناتجة من الفعل النوعى الديناميكي
٤,٢	١٢٨	١٣٣	٤
١٤,٥	١٠١	١١١	٩
٢٢,١	٧١	١٠١	٤٣
٣٠,٧	٦٢	١١٧	٨٩

هذا وتزداد رغبة الشخص في الحركة وفي القيام بمجهودات عضلية عند انخفاض درجة حرارة الجو .

التنظيم الطبيعي : يتولد بجسم الرجل العادي الذي يقوم بشغل طفيف حوالى ٣٠٠٠ سعر حرارى يوميا ومن البديهي أنه كي تبقى درجة حرارة الجسم ثابتة يجب أن يفقد الجسم يوميا نفس الكمية من الحرارة . ويبين جدول (٨) الطرق التى يفقد الجسم بواسطتها الحرارة التى تتولد به وكمية الحرارة التى تفقد عن كل طريقة عندما تكون درجة الحرارة عادية (٢٠ مئوية)

جدول (٨)

النسبة المئوية	سعر احراريا كبيرا	عن طريق
٧٠,٠	٢١٠٠	الجلد بواسطة التوصيل والتيارات الهوائية والاشعاع
١٤,٥	٤٣٥	الجلد بواسطة تبخير الماء
٨	٢٤٠	الرئتين بواسطة تبخير الماء
٣,٥	١٠٥	الرئتين بواسطة اخراج ثانى اكسيد الكربون من محلوله بالدم
٢,٥	٧٥	الرئتين بواسطة رفع درجة حرارة هواء الشهيق البول والبراز (الحرارة الموجودة فى هذه الافرازات زيادة عن تلك الموجودة بالطعام)
١,٥	٤٥	
١٠٠	٣٠٠٠	المجموع الكلى للحرارة المفقودة يوميا

الحرارة المفقودة عن طريق الجلد

يفقد الجلد حرارة للجو المحيط به بالطرق الطبيعية الآتية :

- ١ — التوصيل (conduction) : يفقد الجسم الحار حرارته إلى جسم بارد عن طريق التوصيل إذا تلامس الجسمان .

٢ - الحمل (convection) : يسخن الهواء الذى يلامس الجلد فيتمدد ويخف وزنه فيرتفع ويحل محله هواء آخر بارد .

٣ - الاشعاع (radiation) : تفقد الحرارة عن هذا الطريق للأجسام الباردة حتى ولو كانت بعيدة عن الجسم إذ تمر حرارة الاشعاع فى الأثير . وفى عدم وجود التيارات الهوائية تكون معظم الحرارة التى يفقدها الجلد عن طريق الاشعاع إذا كانت درجة حرارة الجو عادية أى حوالى ٢٠ درجة مئوية .

وتزيد التيارات الهوائية كمية الحرارة التى تفقد بواسطة التوصيل والحمل ومن البديهي أنه إذا كانت درجة حرارة الجو مساوية لدرجة حرارة الجسم لا يمكن للجسم أن يفقد أى جزء من حرارته بواسطة هذه الطرق الثلاث - التوصيل والحمل والاشعاع - وإذا كانت درجة حرارة الجو أعلى من ٣٧ مئوية فإن الجسم يكتسب حرارة من الجو بواسطة هذه الطرق . وقد ترتفع درجة حرارته ، لولا أن هناك طريقة أخرى طبيعية فى غاية الأهمية تمكننا من حفظ درجة حرارة الجسم عندما تكون درجة حرارة الجو أعلى منها وهى طريقة التبخير . وفى درجة حرارة الجو العادية (حوالى ٢٠ مئوية) يفقد الجسم حوالى ٢٠ - ٢٥ ٪ من حرارته عن طريق التبخير (جدول ٨) إذ يتبخر الماء من الشعريات والأنسجة التى تحت الجلد ومن الرئتين كما يتبخر العرق بمجرد إفرازه فلا يصير منظوراً ويسمى هذا التبخير فى درجات الحرارة العادية حيث لا يكون هناك عرق ظاهر بالعرق الغير المنظور (insensible perspiration) ويأخذ الماء حرارة تبخيره الكامنة من الجسم فيبرده . وتساوى هذه الحرارة حوالى ٠,٥٨ من السعر الكبير لكل جرام من الماء يتبخر عند درجة حرارة الجلد (١) .

(١) إذا تبخر الماء وهو يغلى كانت الحرارة الكامنة للتبخير ٠,٥٣٦ سعرا حراريا كبيرا ، وأما عند ما يتبخر من درجة حرارة الجو تزداد الحرارة الكامنة إذ يجب أن ترتفع حرارة الماء قبلا إلى درجة ١٠٠ مئوية قبل أن يتبخر .

وليبيان ما للتبخير من أهمية عظيمة في حفظ حرارة الجسم تقدم الأدلة الآتية :

١ — يولد بعض الأشخاص بلا غدد عرقية في جلودهم ويلاقى هؤلاء الأشخاص صعوبة كبيرة في حفظ درجة حرارة أجسامهم في الجو الحار أو في الجو البارد عند القيام بأى مجهود رياضى . ويقال أن بعض هؤلاء الأشخاص قد اعتادوا أن يبللوا ملابسهم عند القيام بأى مجهود رياضى حتى يتمكنوا من فقد الحرارة الزائدة بالجسم عن طريق هذا التبخير الصناعى .

(ب) قد عملت تجارب أثبتت أنه في إمكان الشخص أن يبقى لمدة ساعات في درجة حرارة عالية حوالى ١٢٠ مئوية (أى في حرارة يغلى عندها الماء ويشوى اللحم) دون أن ترتفع درجة حرارة الجسم إذا كان الجو جافاً . أما إذا كان الجو مشبعاً ببخار الماء فإن درجة حرارة منخفضة كدرجة ٣٠ مئوية كافية لأن ترفع درجة حرارة الجسم وتسبب الوفاة وذلك لأن العرق الذى يفرز لا يمكنه أن يتبخر من سطح الجسم نظراً لتشبع الجو ببخار الماء . إذ أن العرق الذى يفرز ويتساقط من سطح الجلد دون أن يتبخر منه ليس له أى فائدة للتبريد .

وينظم الهيويوثلامس كمية الحرارة التى يفقدها الجسم عن طريق الجلد وقد رأينا أنه إذا انخفضت درجة حرارة الجو أرسلت إشارات إلى الهيويوثلامس من أعضاء حساسة موجودة في الجلد تحس ببرودة الجو . فيرسل الهيويوثلامس إشارات في الأعصاب السمپاثوية التى تجهز شرايين الجلد فيقل مرور الدم في الجلد ويمنع ذلك الحرارة المفقودة من أن تزيد زيادة كبيرة . ولا يعنى ذلك أن الحرارة المفقودة تقل في الجو البارد ، إذ أنها تزيد ولكن وظيفة الهيويوثلامس أنه يمنع هذه الزيادة من أن تكون كبيرة جداً وذلك بتقليل كميات الدم التى تمر بأنسجة الجلد وتحقيقاً لذلك نرى أن شرايين الأعضاء

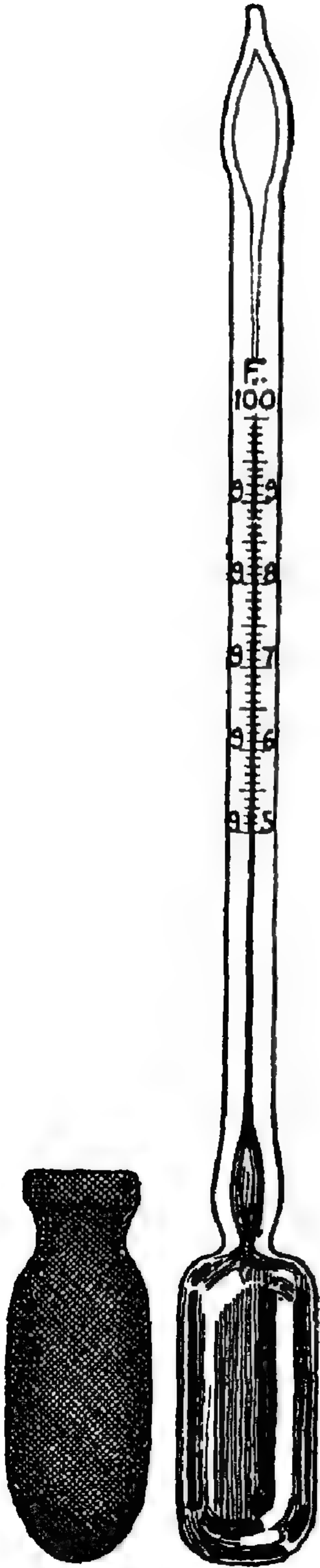
الداخلية كالكبد والطحال تتسع وتزيد كميات الدم التي تخزن بها ويقل حجم الدم الذي يدور بالدورة الدموية .

أما إذا ارتفعت درجة حرارة الجو وصلت إلى الهيبوثلاماس إشارات عصبية تنبهه بذلك ويقوم الهيبوثلاماس بمنع الاشارات السمپاثوية التي تقبض شرايين الجلد فتتسع الشرايين وتمر بها كميات أكبر من الدم ؛ ويسمح ذلك للجلد بان يفقد الكميات الحرارية التي تولد بالجسم بالرغم من ارتفاع درجة حرارة الجو . وتنقبض شرايين الأعضاء الداخلية وتزداد كمية الدم الذي يدور في الدورة الدموية . وفضلا عن ذلك يرسل الهيبوثلاماس إشارات في الأعصاب السمپاثوية التي تجهز الغدد العرقية ويدعو ذلك إلى استدرار إفراز العرق .

العوامل الجوية التي تؤثر على تبريد الجسم:
تختلف قدرة الهواء على تبريد الجسم كثيراً ويتوقف ذلك على :

- ١ — حرارة الهواء
- ٢ — درجة تشبع الهواء ببخار الماء —
أي درجة الرطوبة به .
- ٣ — التيارات الهوائية .

وقد اخترع هل (Hill) الكاتاترمومتر (Kata-thermometer) ليدل على هذه



(شكل ٣٨)

العوامل الجوية الثلاث إذ أن الترمومتر العادى لا يبين إلا درجة حرارة الجو فقط . والكاتاترمومتر (شكل ٣٨) عبارة عن ترمومتر كحولى له مستودع كبير وساق مدرج بين درجتى ٩٥ و ١٠٠ فهرنهايت . ويمكن تغطية مستودعه بقطعة من القماش المبلل . ولاستعماله ترفع درجة حرارته أولا الى حوالى ١٠٥ فهرنهايت ثم يقدر الزمن بالثوانى الذى يلزم للترمومتر ليبرد من درجة ١٠٠ الى ٩٥ فهرنهايت ، ويوجد على ساق كل ترمومتر رقم عددى (يقدر تجريبيا بوساطة الصناع) وبقسمة هذا الرقم العددى على الثوانى اللازمة لتبريد الترمومتر من درجة ١٠٠ الى درجة ٩٥ فهرنهايت يكون الناتج سرعة تبريد الهواء محسوبا بالمليسر^(١) فى الثانية لكل سنتيمتر مربع من سطح الجسم .

وبهذا الترمومتر بحث الحالة الجوية فى المصانع والمناجم والمدارس والمستشفيات وغيرها وقدرت أكثر الاحوال الجوية ملائمة للصحة العامة .

(١) المليسر = $\frac{1}{1000}$ من السعر الصغير = 1×10^{-3} من السعر الكبير

الباب الرابع عشر

الصيام (Starvation)

الصيام هو حرمان الجسم من عناصر الغذاء أو مركباته بعضها أو كلها وعلى ذلك قد يكون الصيام جزئيا أو كليا . فإذا تناول الإنسان كل ما يحتاج إليه من الغذاء ، ماعدا الكالسيوم أو الفيتامينات أو البروتينات مثلا ، كان ذلك صياما جزئيا . وأما الصيام الكلى فهو حرمان الجسم من كل المواد الغذائية بأنواعها . وقد أثبت التجارب أن الحيوان إذا سمح له بالماء في الصيام الكلى عاش مدة أطول مما لو منع الماء والغذاء معا .

وليس هناك صيام عن الماء بمعنى الكلمة ، إذ أن في حالة منع الماء عن الإنسان أو الحيوان تتكون كميات كبيرة منه في الجسم تكفى لإفراز البول ولعملية التنفس ؛ وذلك لأن الأنسجة التي يؤكسدها الجسم للحصول على الطاقة اللازمة له في حالة الصيام تحتوى على كميات من الماء — فضلا عن تكون الماء في الجسم من أكسدة الإيدروجين الموجود بمواده العضوية . وقد حاول ستراب (Straub) أن يدرس تأثير الصيام الكامل عن الماء في الجسم ، فأعطى الحيوانات مسحوقا مخففا من اللحم والدهن ، قاصدا بذلك منع استعمال أنسجة الجسم نفسها بما تحتويه من الماء ، ولكن استحال عليه استمرار التجربة أكثر من يومين إذ عندما نقصت كمية الماء بالجسم قل إفراز العصارات الهضمية ، وترتب على ذلك قىء الطعام بما يدل على أن الحيوان قد بدأ في استعمال أنسجة جسمه . وقد ظهر من نتائج هذه التجارب أن نحو ٢٠ ٪ من الماء المكون للعضلات قد يفرز من الجسم دون ظهور علامات مرضية .

تأثير الصيام :

- (١) آلام الجوع : تحدث هذه الآلام في بضعة الأيام الأولى في آونة الطعام ثم تختفى تدريجياً ، فلا يشعر بها الإنسان بعد اليوم الثاني أو الثالث في معظم الحالات . وقد درس كارلسن (Carlson) آلام الجوع في مرضى بهم ناصور معدى فوجدها مسببة عن انقباض قاع المعدة بشدة ؛ وأمكنه منع هذه الانقباضات وآلام الجوع بتئيه أعضاء الذوق الحساسة بالفم ، أو بمضغ أى مادة مثل اللبان أو بعملية البلع أو بالتدخين أو بشرب الماء أو القهوة أو الشاي أو بوساطة المورفين . وتزيد حساسية الجهاز العصبي مدة آلام الجوع فمثلاً تشتد رجفة الركبة (excagerated Knee-Jerk)
- (٢) هبوط جسماني وعقلي عام : وتنعدم الرغبة في عمل أى مجهود رياضي .
- (٣) نقص الوزن : وجد في بعض تجارب الجوع الطويلة أن وزن الجسم قد ينقص بمقدار ٦٥ ٪ دون أن يكون مصحوباً بتغيرات هيستولوجية في الخلايا . ولا يؤثر الصيام في وزن كل الأنسجة بنسبة واحدة ولكن يؤثر بشدة في الأنسجة القليلة الأهمية كالمخازن الدهنية والعضلات الهيكلية ، في حين أنه لا يقل وزن الأعضاء الحيوية المهمة كالقلب والجهاز العصبي إلا قليلاً جداً .
- (٤) تقل الإفرازات بأنواعها : مثل إفراز العصارات الهضمية وإفراز البول وغيرها . وينعدم إفراز اللبن في المواشي بعد نحو خمسة أيام .
- (٥) يقل ضغط الدم وسرعة القلب وكمية الدم التي يقذفها القلب في الشرايين .
- (٦) تبقى درجة حرارة الجسم طبيعية خلال الصيام لكنها تنخفض قبل الوفاة .
- (٧) يقل حجم الدم في الجسم ولو أن عدد كرات الدم الحمراء في كل

مم^٢ ونسبة الهيموجلوبين في الدم تبقى ثابتة ؛ وتتراوح نسبة سكر العنب في الدم وقت الصيام بين ٠.٨ و ٠.١٠ ٪ جم في كل ١٠٠ سم^٣ ؛ وتزداد كميات الدهن والفسفوليبيد والاحماض الخلوية بالدم ويقل احتياطي القواعد (alkali reserve) والاس الايدروجيني (pH)

(٨) يستمر إفراز البراز ويكون مقداره نحو ٣٠ جراما يوميا ، ويتكون من بكتريا ومخاطين وأحماض دهنية، ويحتوى على نصف جرام إلى جرام من الأزوت يوميا (ص ١١٠)

التمثيل الغذائي وقت الصيام

يحصل الحيوان خلال الصيام على الطاقة اللازمة لوظائفه الحيوية — كضربات القلب وعملية التنفس وحفظ حرارة الجسم وعمل الجهاز العصبي — بأكسدة أنسجة الجسم نفسها ؛ ويزداد احتراق الأنسجة عند عمل أى مجهود رياضى .

وقد وجد أن سرعة التمثيل الغذائي الأساسية تقل تدريجاً خلال الصيام ؛ ولا ينتج ذلك عن نقص كمية البروتوبلازم في الجسم فقط بل وجد أن نقص سرعة أكسدة المواد الغذائية أكثر كثيراً مما ينتظر من نقص النسيج البروتوبلازمى . وإذا أعطى الغذاء فلا ترتفع سرعة التمثيل الغذائي القاعدية مباشرة ولكنها تزداد تدريجاً ؛ وهذا يثبت أن نشاط الأنسجة في التمثيل الغذائي لا يعتمد بتاتا على كميات المواد الغذائية التى ترد إليها بالدم ولكنها تعتمد على حيوية الخلايا نفسها قبل كل شئ آخر .

ولمعرفة مقدار الطاقة التى نحصل عليها ، وقت الصيام ، من أكسدة البروتينات والدهنيات ومائيات الكربون — كل على حدة — تتبع الطريقة الآتية : (أنظر ص ١٣٥) :

١ — تقدر كميات الأزوت الكلية التى تفرز بالبول والبراز بطريقة كدال

(Kjeldahl)^(١) ولما كان كل جرام من الأزوت يفرز من الجسم ينتج من ٦,٢٥ من الجرام من بروتينات الجسم أمكن معرفة كمية البروتين المتأكسدة من حاصل ضرب جرامات الأزوت التي تفرز في ٦,٢٥ ؛ وبضرب الناتج في ٤,١ نحصل على عدد الأسعار الحرارية التي تكون بالجسم من أكسدة البروتينات .
ب - تقدر كمية الأسعار الحرارية الناتجة من أكسدة كل المواد الغذائية بالجسم ، وذلك بإحدى الطرق المذكورة (ص ١٢٨) . ولما كان ٦,٢٥ من الجرام من البروتينات المؤكسدة بالجسم تعطى ٤,٧٥٤ لترأ من ثاني أكسيد الكربون ، وتحتاج إلى ٥,٩٢٣ لترأ من الأوكسيجين لا أكسدتها ، أمكننا أن نحصل على الغازات التنفسية المتعلقة بتمثيل الدهون ومائيات الكربون على حدة . ويقدر معامل التنفس للأزوتى ؛ ومن هذا المعامل يمكن معرفة نسبة كل من الدهون ومائيات الكربون المستعملة (جدول ٤) .

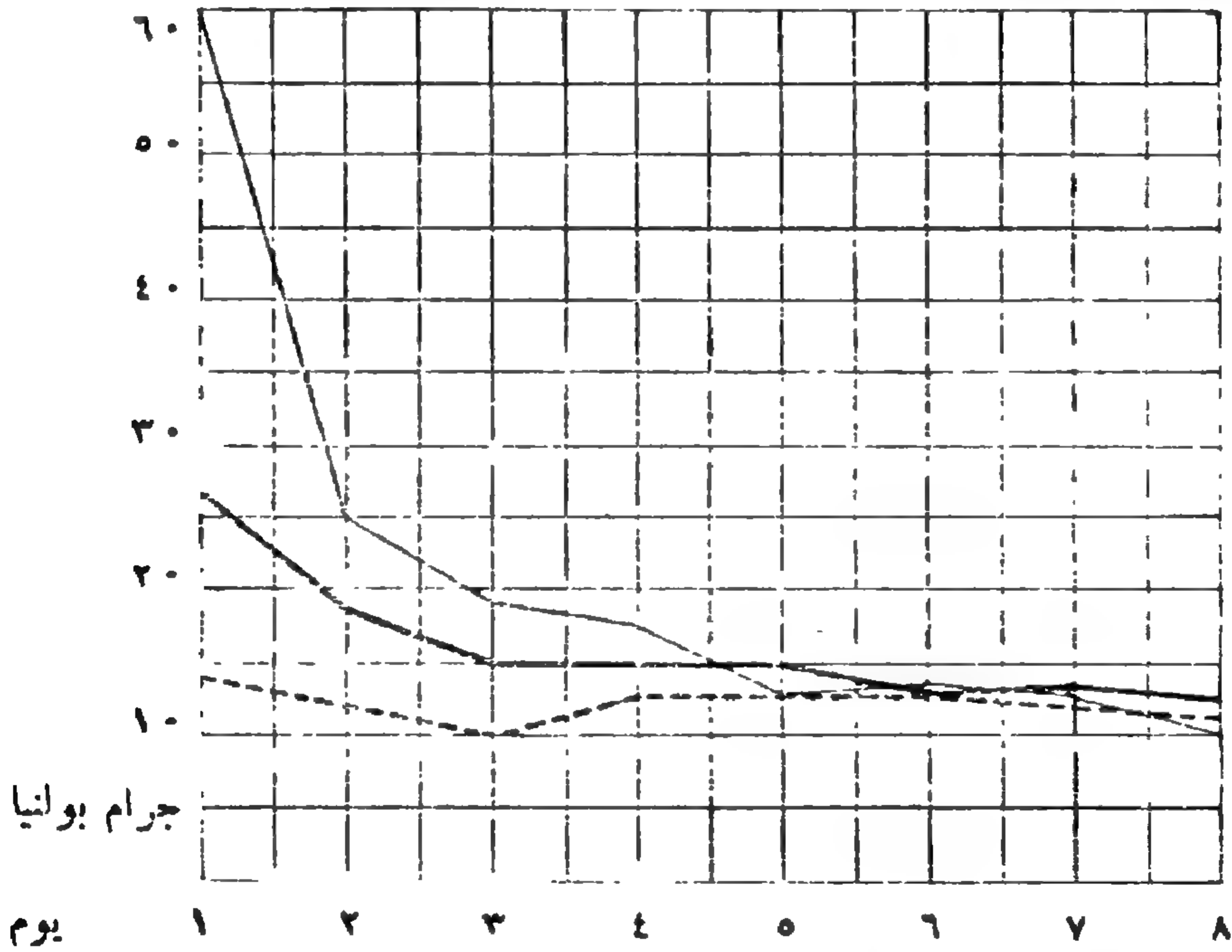
تمثيل البروتين في الصيام : تعرف كمية البروتين المستعمل بالجسم من مقدار إفراز الأزوت في البول كما سبق . ويمكن تقسيم التمثيل الغذائي للبروتينات وقت الصيام إلى ثلاث مراحل

١ - المرحلة الأولى أى مرحلة التعديل : (Adjustment) ومدتها تتراوح بين أربعة أيام وخمسة . ويفرز كل شخص خلال هذه المدة كمية مختلفة عن الآخر من الأزوت . وتتوقف كمية الأزوت التي تفرز على (١) كمية النشاء الحيوانى المخزون بالكبد . فاذا احتوى الكبد على كمية كبيرة منه عند بدء الصيام استخدم هذا النشاء بسرعة فى اليوم الأول وباستخدام هذا النشاء يدخر الجسم مواده البروتينية فلا تستعمل لتوليد

(١) طريقة كلدال : يضاف إلى كمية معينة من البول حامض الكبريتيك المركز الحالى من الأزوت وقليل من كبريتات النحاس وكبريتات البوتاسيوم (كموامل مساعدة) . فيتحول كل الأزوت الموجود بالبول إلى كبريتات الأمونيا — ثم تطرد الأمونيا بواسطة الصودا الكاوية — وتقدر الأمونيا المنبعثة بمعادلتها بحامض كبريتيك معروف القوة .

الطاقة ؛ وعلى ذلك يكون إفراز الأزوت في اليوم الأول من الصيام أقل منه في اليوم الثاني .

(٢) كمية المواد البروتينية التي كان يتعاطاها الانسان قبل الصيام . فاذا احتوى الطعام على كميات كبيرة من البروتين فانه عند الصيام يبدأ إفراز الأزوت في البول عاليا ثم ينخفض تدريجاً ، حتى يصل في اليوم الرابع أو الخامس إلى كمية ثابتة تقريبا . وأما إذا كانت كميات البروتين في الطعام قليلة قبل الصيام ، وكانت كميات مائيات الكربون والدهون كبيرة ، فربما ازداد



اخراج البولينا وقت الصيام

الخط الرفيع — كان الحيوان يتعاطى ٢٥٠٠ جم من اللحم يوميا قبل الصيام

الخط السميك — ١٥٠٠ جم من اللحم يوميا

الخط المنقط — كمية ضئيلة جدا من اللحم يوميا

(شكل ٣٩)

إفراز الأزوت بالبول بعد الصيام تدريجاً حتى اليرم الرابع والخامس حيث يصل إلى كمية ثابتة . ويبين شكل (٣٩) تجربة قام بها قوات على كلب فأعطاه مقادير مختلفة من اللحم يوميا قبل الصيام وقدّر كمية البولينا التي يخرجها الحيوان يوميا بالبول عند صيامه . ويلاحظ أنه عندما كان الحيوان

يتعاطى ٢٥٠٠ جرام من اللحم يوميا قبل الصيام بدأ إخراج البولينا عاليا ثم هبط تدريجيا إلى مستوى ثابت في ظرف خمسة أيام . وحينما كان الكلب يتعاطى كميات أقل من اللحم قبل الصيام قل إخراج البولينا في أيام الصيام الأربعة الأولى ولكنه وصل إل نفس المستوى الثابت بعد ذلك

ب — المرحلة الثانية أو الحالة الثابتة : (steady state) تكون كمية الأزوت التي تفرز بالبول في هذه المرحلة بين ١٠ و ١٢ جراماً يوميا، وتقل تدريجيا ببطء باستمرار الصيام ؛ ويتبع ذلك قلة كميات البروتوبلازم بالجسم ويقدم البروتين الذي يؤكسد بالجسم وقت هذه المرحلة ١٧ ٪ من الطاقة الكلية ، ويأتي باقي الطاقة من أكسدة الدهون . ولاستعمال هذه الكمية من البروتين وقت الصيام — مع أن البروتين أساسى للبروتوبلازم — أهمية عظمى ، إذ يتحول جزء منه إلى سكر الدم وبذلك تمنع الوفاة من قلته ، كما يقل تكون الأحماض الخلوية التي تنتج من استعمال أكسدة الدهون بدون أكسدة مائيات الكربون في نفس الوقت ، وتتوقف مدة هذه المرحلة على كمية الدهن المخزون بالجسم وتنتهى عندما يستعمل هذا الدهن .

ح — المرحلة الثالثة ، أى مرحلة ارتفاع التمثيل الغذائى للبروتين التي تسبق الوفاة : (Premortal rise) : عندما تستعمل كل الكميات الدهنية المخزونة بالجسم يضطر الجسم للحصول على الطاقة كلها من بروتين البروتوبلازم ، وبذلك تزداد كميات الأزوت في البول فجأة وتحدث الوفاة بعد ذلك بأيام قليلة . وقد أمكن معالجة الحيوانات بعد وصولها إلى هذه المرحلة

تمثيل الدهون : تتوقف مدة الصيام على كمية الدهن المخزون بالجسم إذ يعتمد الجسم على الدهن للحصول على نحو ٨٣ ٪ من الطاقة اللازمة له . ويستخدم الدهن المخزون (store fat) لذلك كالدهن الموجود تحت الجلد وفي المساريق . وأما دهن الأنسجة نفسها (tissue fat) الذي يدخل في تركيب البروتوبلازم فلا يستعمل بتاتا ، فنرى مثلا أن المنخ — الذي يعتبر أغنى عضو

بما يسمى دهن الأنسجة — لا يفقد شيئاً منه خلال الصيام بتاتاً .
ولما كانت كميات مائيات الكربون التي تؤكسد بالجسم قليلة وقت الصيام
فاننا نرى أن أكسدة المواد الدهنية لا تكون تامة الى ثانی أ أكسید كربون وماء بل
تقف عند درجة الأحماض الخلوية فتتراكم بالدم هذه الأحماض وهي حامض
هيدروكسيبوتيريك وحامض أستوأسيتك (hydroxybutyric & aceto
acetic acid) — وهذه تقلل من احتياطي القواعد (alkali reserve) بالدم
ومن ضغط ثاني أ أكسید الكربون في الحويصلات الهوائية ، وتقل أيونات
الايدروجين بالدم . وتتراكم هذه الخلونات مضر بالجسم إذ يدعو إلى هبوط
في المراكز العصبية قد ينشأ عنه غيبوبة .

تمثيل مائيات الكربون : يستعمل المخزون من النشاء الحيواني في الكبد
في اليوم الأول من الصيام . أما نشاء العضلات فلا يتأثر كثيراً بالصيام ولو أنه
يقل أيضاً . وتظل نسبة كمية السكر بالدم ٠.٨ ر جم في كل ١٠٠ سم^٣ ، وينشأ
هذا السكر من البروتين ويحدث هذا التحويل في الكبد ، حيث أنه لو
استوصلت الكبد لانخفاض سكر الدم بسرعة وتسبب عن ذلك الوفاة .

تأثير المجهود الرياضي : في حالة الصيام يستمد الجسم الجزء الأعظم
من الطاقة اللازمة لعمل أي مجهود رياضي من أكسدة الدهنيات . ولا يزيد
المجهود الرياضي وقت الصيام أكسدة البروتين إلا قليلاً جداً ، فقد وجد
أن نحو ٠.٧ فقط من الطاقة اللازمة للمجهود تستمد من البروتين ، وعليه
نرى أن معامل التنفس لطاقة المجهود الرياضي نحو ٠.٧١ إلى ٠.٧٣ .

البول وتمثيل الأملاح الغير العضوية في الصيام

يقل مقدار البول في الصيام وتتوقف كمية الأزوت الكلي به على مرحلة
الصيام . وتنخفض النسبة المتوية للبولينا ، وذلك لأن نسبة النشادر تزداد
وتسبب زيادة نسبة النشادر من وجود الحموضة . وقد يفرز نحو ١٠ جرامات

من الأحماض الخلوية يوميا ويفرز الكرياتين بالبول بدلا من بعض الكرياتينين . ويستمر إفراز الكبريت والفوسفور اللذين يشتقان من بروتو بلازم الأنسجة المستعملة ، فقد وجد أن نسبة $\frac{\text{الكبريت}}{\text{الازوت}}$ في البول تعادل نسبة $\frac{\text{ك}}{\text{ز}}$ في العضلات . ولو أن بعض الباحثين يدعى أن بعض الكبريت يحفظ بالجسم . ويستدل من ذلك على أن الجسم يحافظ على الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت والتي لها أهمية عظمى في أكسدة واختزال المواد بالجسم . وفي الصيام يقل الصوديوم من البول في حين يزداد البوتاسيوم الذي يشتق أيضا من الأنسجة ويستمر إفراز الكالسيوم والمغنسيوم اللذين يشتقان من التحلل الذاتي (autolysis) للعظام . وما هو جدير بالذكر أنه وجد في تجارب عمات على الطيور أن العظام القليلة الأهمية — كعظام الجمجمة المفرطحة — تفقد ملح الكالسيوم لتحفظ نسبته في الدم ، في حين أن عظام الأجنحة المهمة تحتفظ بحالتها الطبيعية .

التمثيل الغذائي الخاص

Special Metabolism

الباب الخامس عشر

التمثيل الغذائي للبروتينات

امتصاص البروتينات : رأينا مما تقدم أن بروتينات الطعام تتحلل بواسطة الخناثر الهضمية — پسين و ترپسين وإيرپسين — إلى أحماض أمينية . وتمتص هذه الأحماض الأمينية في الشعريات الدموية التي تكون الوريد البابي . وقد كان يظن قديماً أن جزيئات البروتين تتكون ثانية وقت الامتصاص من الأمعاء . وذلك لعدم المقدرة على إثبات وجود أحماض أمينية في الدم . وقد ظن بعضهم أيضاً أن مجموعات الأمين الموجودة بالأحماض الأمينية تفصل منها وقت امتصاصها في الأمعاء ، وذلك لوجود كمية من النشادر كبيرة في الدم الموجود بالوريد البابي ؛ ولكن قد ثبت خطأ هذه النظرية أيضاً كسابقها . وأما السبب في زيادة كمية الأمونيا بالوريد البابي فهو امتصاص بعض الأمونيا المتكونة في الأمعاء الغليظة بتأثير البكتريا الموجودة هناك . ولقد ثبت الآن قطعياً أن الأحماض الأمينية تمتص كما هي بالدم ، وذلك بعد أن اكتشف فان سلايك وفولين وأبدرها لدين (Van Slyke & Folin & Abderhalden) طرقاً جيدة لتقدير كميات الأحماض الأمينية في الدم . وقد فصل آبل (Abel) معظم الأحماض الأمينية من الدم

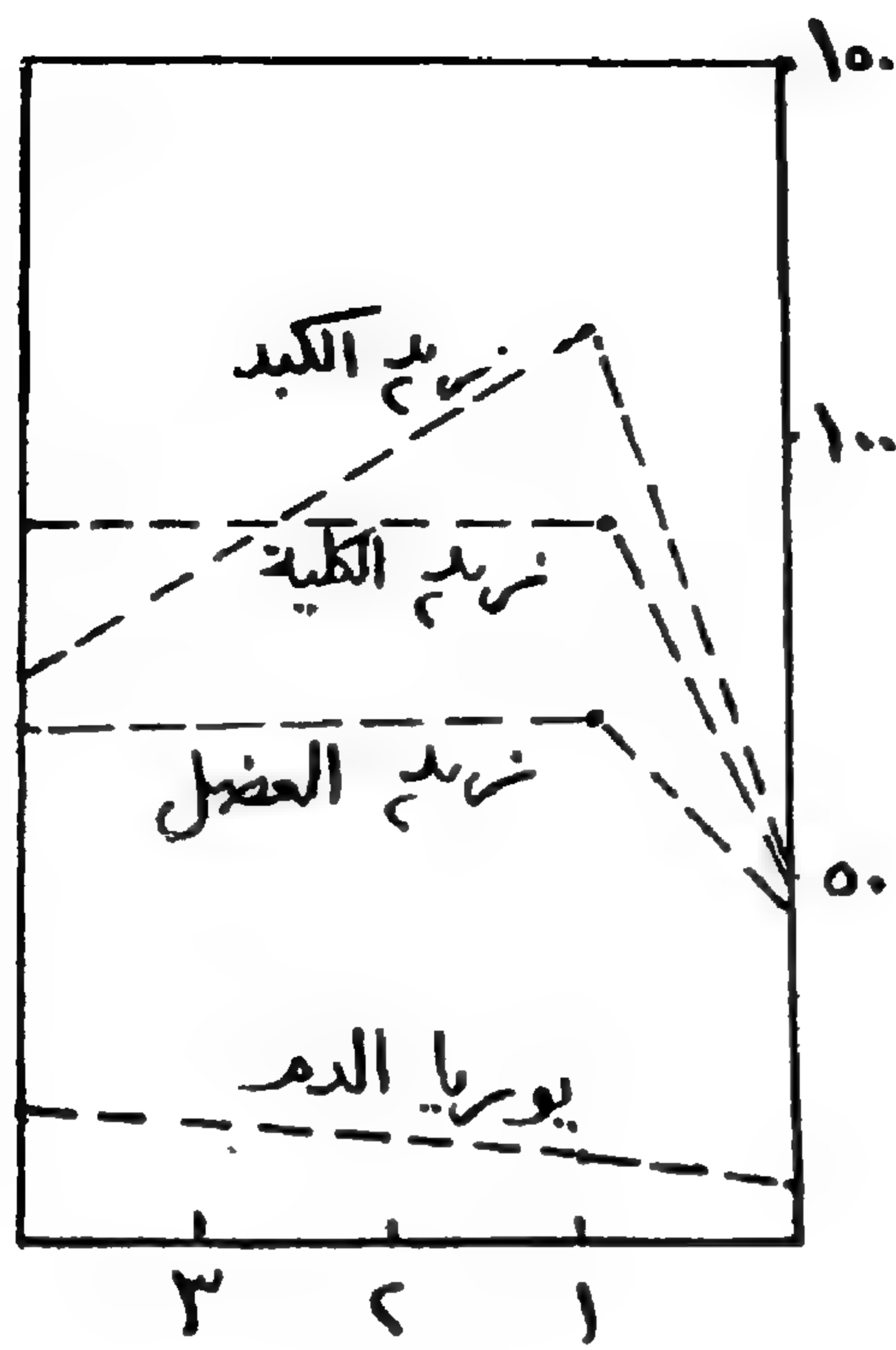
بوساطة مفرقات غروية (collodion sacs) تركب في مجرى الدورة الدموية في الحيوان الحى .

وليس هناك أى امتصاص للأحماض الأمينية في المعدة . ويحدث معظم الامتصاص في الأمعاء الدقيقة ؛ وللأمعاء الغليظة بعض القدرة على امتصاص الأحماض الأمينية ، ولو أنه في العادة عند وصول محتويات الأمعاء الدقيقة إلى المعى الأعور يكون معظم الأحماض الأمينية قد امتص في الدم .

ولا تمتص البروتينات والبروتينوزات والبيتونات عادة في الدم قبل تمام هضمها . وقد تمتص هذه الجزيئات الكبيرة في الدم في أحوال نادرة ، وخصوصاً في الأطفال الصغار . فإذا وجدت البروتينوزات أو البيتونات سبيلها إلى الدم فإنها لا تستعمل^(١) بالجسم بل تفرز بالبول ؛ ولكن وجودها بالدم يدعو إلى توليد أجسام مضادة لها (Antibodies) ، لها المقدرة على ترسيبها بالجسم إذا امتصت إلى الدم مرة أخرى . وتسبب هذه الحالة أعراضاً شديدة وهبوطاً في الدورة الدموية وإعياء وربما سببت الوفاة (Anaphylactic Shock)

ويوجد في الدم وقت الصيام من ٥ - ٧ ملليجرامات من أزوت أحماض أمينية في كل ١٠٠ سم^٣ . وتزيد هذه الكمية إلى ٨ - ١٢ ملليجرامات وقت امتصاص الأحماض الأمينية من الأمعاء . وتأخذ أنسجة الجسم (كالكبد والعضلات والكلية) الأحماض الأمينية من الدم بشراهة شديدة ، فتزيد فيها كلها كمية الأحماض الأمينية وقت الامتصاص . وتقل كمية الأحماض الأمينية بالكبد بعد الامتصاص بسرعة ، في حين تبقى الكمية عالية مدة أطول في الأعضاء الأخرى ؛ وفي الوقت نفسه تزداد كمية البولينا بالدم . ويبين شكل ٤٠ هذه العلاقات .

(١) في بعض التجارب الحديثة وجد أن سيرم دم الحصان إذا حقن في الكلاب يمكن تمثيله بالجسم ؛ ولكن هذا التمثيل محدود إذ أن بعد عدة أيام تتولد الأجسام المضادة ، وتدعو هذه الأجسام المضادة إلى ترسيب السيرم إذا حقن مرة أخرى .



(شكل ٤٠) (فان سلايك)

✓ استعمال البروتينات

تستعمل الأنسجة الأحماض الأمينية في إحدى الطرق الآتية :

أولاً — يستعمل جزء منها في تعويض البروتوبلازم عما يفقده ويستهلكه في التفاعلات الطبيعية والكيميائية للحياة (Wear and tear)

ثانياً — يستعمل جزء آخر في تحضير الإفرازات بالغدد المختلفة . فمثلاً يتحول التيروسين إلى ثيروكسين بواسطة الغدة الدرقية ، وإلى أدرينالين بواسطة الغدة فوق الكلية . كما أن معظم الخثائر تتركب من أحماض أمينية . وفي حالات الرضاعة تستعمل غدد الثديين كثيراً من الأحماض الأمينية لبناء بروتينات اللبن .

ثالثاً — يستعمل جزء في بناء بروتوبلازم جديد في الطفل النامي وفي المرأة الحامل ، وأما في الشخص البالغ فانه لا يبنى بروتوبلازم جديد إلا في

حالة النقاهاة من مرض ينشأ عنه نقص فى وزن الجسم ، أو عند التمرينات البدنية .

رابعاً — يعتقد بعض العلماء أن للجسم المقدرة على خزن كمية محدودة من البروتينات إذا زادت كميات البروتين بالطعام ؛ ولا يدخل هذا البروتين المخزون فى تركيب البروتوبلازم الحى ولكنه يوجد بحسب رأى بوثى (Boothby) تحت الجلد وفى الكبد . وأكبر كمية يمكن تخزينها بهذه الطريقة هى كيلو جرامان من البروتينات تخزن مع أربعة أمثالها فى الحجم من الماء وهذا البروتين المخزون يستعمل بسرعة فى الأيام الأولى من الصيام ، وهو سبب الزيادة فى إفراز الأزوت بالبول فى الأيام الأولى من الصيام إذا كان مسبوقاً بتعاطى كميات كبيرة من البروتينات (انظر ص ١٧٤)

خامساً — أما الأحماض الأمينية التى لا تستعمل فى أحد الأوجه السابقة فإنها تفقد مجموعات الأمين الموجودة بها وتتحول هذه المجموعات باتحادها مع ثانى أكسيد الكربون إلى بولينا ، فى حين يستعمل مابقى من جزئ الحمض الأمينى الخالى من الأزوت فى إحدى الطرق الآتية :

أ — يتأكسد إلى ثانى أكسيد كربون وماء فيعطى طاقة .

ب — يتحول إلى مائيات الكربون .

ج — وأما إذا كانت مخازن مائيات الكربون مملأى فإنه يتحول

إلى دهن .

وتمتاز البروتينات عن مائيات الكربون وعن الدهن فى أنها أساسية لبناء البروتوبلازم الذى يتكون معظمه منها ، وفضلاً عن ذلك فإن الأحماض الأمينية التى لا يحتاج إليها الجسم لبناء البروتوبلازم تتأكسد بالجسم وتكسبه طاقته كما هى الحالة فى مائيات الكربون والدهون .

التوازن الأزوتي (Nitrogen Equilibrium)

يسمى الشخص في توازن أزوتي إذا كانت كمية ما يأخذه من الأزوت في بروتينات الطعام مساوية للكمية التي يفقدها الجسم من الأزوت في الإفرازات المختلفة . أما إذا زادت كمية الأزوت في الطعام عن الكمية التي تفرز من الجسم فإن الشخص يكون في ميزان أزوتي موجب (Positive Nitrogen balance) وبالعكس ، إذا قلت الكمية في الطعام عما يفرز من الجسم كان الشخص في ميزان أزوتي سالب (Negative nitrogen balance) ويخرج الأزوت من الجسم بالطرق الآتية :

- ١ - يخرج معظم الأزوت بالبول ويكون معظمه على هيئة بولينا .
- ٢ - يخرج نحو جرام واحد الى ١,٣ جرام يوميا بالبراز ويوجد الأزوت بالبراز حتى في حالات تعاطى طعام خال من الأزوت إذ أن أزوت البراز لا يمثل فقط أزوت الطعام الذي لا يمتص لكنه يمثل أيضا إفرازات الأمعاء وجزء كبيرا من البكتيريا (ص ١١٠)
- ٣ - تفقد كميات قليلة من الأزوت بالعرق ؛ ولكن إذا كان العرق غزيراً زادت كمية الأزوت التي تخرج إلى نحو ٤ ٪ من المجموع الكلى .
- ٤ - تفقد كميات قليلة يمكن إهمالها في سقوط الطبقات السطحية للجلد وفي نمو الشعر والأظافر .
- ٥ - تفقد المرأة نحو ٣ جرامات من الأزوت كل شهر في دم الحيض .
- ٦ - تفقد المرضع من ٢ - ٣ جرامات يوميا من الأزوت في بروتينات اللبن .

ويكون الميزان الأزوتي موجبا في الأطفال ، حيث تحجز كميات من أزوت الطعام بالجسم وتستعمل في البروتوبلازم الجديد اللازم للنمو .

وأما في الأشخاص البالغين فلا يوجد ميزان أزوتى موجب إلا في الأحوال الآتية :

١ — في الإناث الحوامل ، حيث يستعمل الأزوت في بناء بروتوبلازم الجنين .

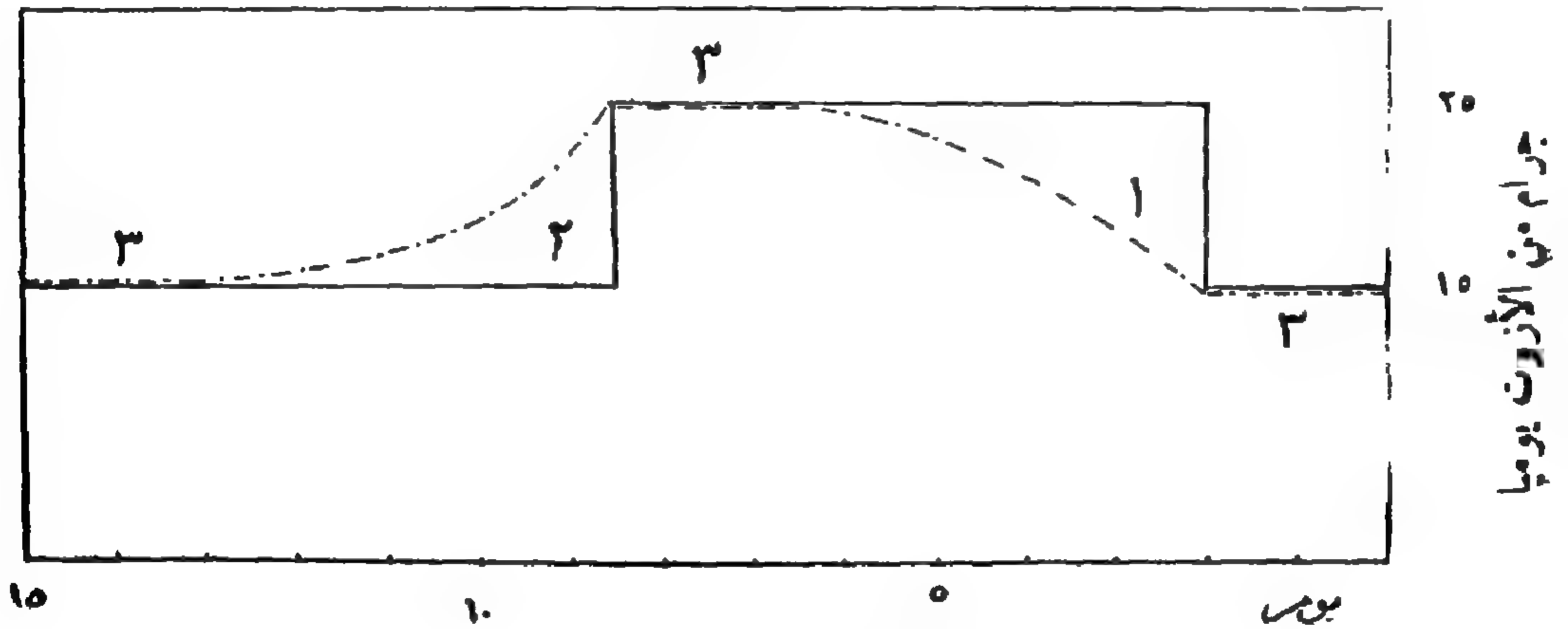
ب — عند التمرينات البدنية ، وتنبه هذه التمرينات نمو العضلات في الكبار فيحجز الجسم بعضاً من أزوت الطعام لتكوين البروتوبلازم الزائد بالعضلات .

ج — في مدة النقاهة من مرض يسبب نقصاً كبيراً في وزن الجسم (convalescence from a wasting disease.) . يقل وزن الجسم في أمراض كثيرة — كالحميات — . وفي دور النقاهة من هذه الأمراض يحجز الجسم بعضاً من أزوت الطعام ليكون بروتوبلازماً جديداً بدلاً مما فقده وقت المرض .

وفيما عدا ذلك يكون الشخص البالغ في توازن أزوتى . وقد يكون هذا التوازن عند أى كمية من الأزوت تزيد عن نهاية صغرى معينة . فلنفرض مثلاً أن شخصاً يتعاطى يومياً ١٥ جراماً من الأزوت بالطعام . ويفقد يومياً ١٥ جراماً في الإفرازات المختلفة ، فإذا زدنا كمية الأزوت في الطعام إلى ٢٥ جراماً يومياً فإننا نرى أن كمية الأزوت التى يفقدها الجسم تزداد تبعاً لذلك حتى تصبح ٢٥ جراماً يومياً . ويحدث التوازن الأزوتى في درجة أعلى من الأولى ؛ ولكن هناك أربعة أو خمسة أيام عند أول زيادة الأزوت في الطعام يوجد بها ميزان أزوتى موجب ، إذ أن كمية الأزوت الذى يفرز لا تزداد مباشرة إلى ٢٥ جراماً ، ولكن يحدث ذلك تدريجياً . وهكذا نجد أن بعضاً من الأزوت تحجز في هذه الأيام الأولى بالجسم . وتحجز هذه الكمية بأحد الهيئتين الآتيتين :

١ — كزيادة في كميات الأزوت الغير البروتيني كالبولينا والاحماض
الأمينية بالدم والأنسجة . ولهذه الزيادة أهمية فسيولوجية إذا أنه إذا أردنا
زيادة كمية البولينا التي تفرز بالبول وجب أن تزيد كميتها بالدم إذا بقي كل
شيء آخر يتعلق بافراز البول كضغط الدم وكمية الدم التي تمر بالكلى ثابتا .
٢ — كبروتين مخزون تحت الجلد وفي الكبد (Store Protein) وكمية

البروتين التي يمكن تخزينها بهذه الطريقة محدودة (أنظر ص ١٨١)
فاذا ما أنقصت كمية الأزوت في الطعام ثانياً إلى ١٥ جراماً يومياً
نقصت تبعاً لها كمية الأزوت التي تفرز . ويحدث التوازن الأزوتي عند كمية
الأزوت الأقل ، ولكن يسبق التوازن الأزوتي مدة ٤ أو ٥ أيام بها توازن
أزوتي سالب ، وتسبب زيادة إخراج الأزوت من :



شكل (٤١)

- كمية الأزوت التي تؤخذ بالطعام يوميا
- - - - - كمية الأزوت التي يخرجها الجسم يوميا
- ١ — ميزان أزوتي موجب
- ٢ — ميزان أزوتي سالب
- ٣ — توازن أزوتي

٢ — نقص الأزوت الغير البروتيني بالدم والأنسجة .

ب — استعمال البروتين المخزون إن وجد .

ويبين شكل (٤١) هذه العلاقات

✓ النهاية الصغرى للتوازن الأزوتى (Minimum N₂ Equilibrium)

قد رأينا في (ص ١٧٥) أن الجسم يفقد نحو ١٠ — ١٢ جراماً من الأزوت يومياً في الصيام الكامل . وليست هذه الكمية بمقياس لأقل مستوى للتمثيل البروتيني في الجسم ، إذ أن عدم وجود مائيات الكربون بالطعام يدعو إلى زيادة التمثيل الغذائي للبروتينات ، فمائيات الكربون توفر البروتينات من أن تستعمل في صرف الطاقة بالجسم (Protein sparer) .

إذا أردنا أن نحصل على توازن أزوتى بإعطاء الشخص الصائم بروتينات فقط في الطعام فإننا نرى أن الكمية التي تلزم هي نحو ٣٥ جراماً أزوت يومياً . أي ثلاثة أمثال ونصف مثل الكمية التي تفرز وقت الصيام ، وذلك لأن مجرد إعطاء البروتينات للصائم يزيد من كمية الأزوت المفرز .

ولكي نقلل التمثيل الغذائي للبروتينات بالجسم فيجب أن نعطي في الطعام كميات كبيرة من مائيات الكربون . ولما كانت المواد البروتينية غالباً أغلى أصناف الطعام فإن تقدير النهاية الصغرى للتوازن الأزوتى في غاية الأهمية من الوجهة الاقتصادية خصوصاً في حالات تموين عدد كبير من الأشخاص كما هي الحالة في إطعام الجيوش وقت الحرب أو المسجونين أو العمال ومن إليهم ؛ إذ أنه يراد في هذه الحالات أن يكون الطعام صحياً لا يدعو إلى فقد بروتوبلازم الجسم . وفي الوقت نفسه يجب ملاحظة تكاليف التموين .

إذا أعطى شخص طعاماً خالياً من الأزوت تماماً وبه مقادير كبيرة من مائيات الكربون والدهون — تولد بالجسم من الطاقة على الأقل ضعف التمثيل الغذائي القاعدي — أمكن إنقاص التمثيل الغذائي البروتيني إلى أقل كمية ممكنة ؛ إذ أن مائيات الكربون تمنع البروتين من أن يستعمل في صرف الطاقة بل تبقى فقط للاستعمال في تعويض البروتوبلازم عما يفقده في الأعمال المختلفة . ففي هذه الحالة أمكن إنقاص كمية الأزوت المفرزة إلى ١,٨ من الجرام يومياً في البول و ١ جرام في البراز ، أي أنه أمكن إنقاص

البروتين المستعمل بالجسم إلى $2,8 \times 6,25 = 17,5$ جرام . وهي الكمية التي تمثل أقل تمثيل غذائي للبروتينات في الجسم . ولا يمكن إنقاصها أو اجتنابها بأي حال من الأحوال ، إذ أنها تمثل استهلاك البروتوبلازم (wear and tear) في التفاعلات الطبيعية والكميائية التي تكون الحياة .

فلو أردنا أن نحصل على توازن أزوتي عند أقل كمية بإعطاء الشخص نحو ٢٠ جراماً من البروتين يومياً ، نجد أن ذلك غير ممكن إذ أنه بمجرد إعطاء البروتينات في الطعام تزداد كمية الأزوت الذي يفرز فوق أقل كمية ممكنة . ولقد أعطى العلماء تقديرات مختلفة للنهاية الصغرى للتوازن الأزوتي ، ولكن أقل كمية كانت ٣٩ . من الجرام بروتين لكل كيلوجرام من وزن الجسم في كل يوم . ومعظم التقديرات تقع بين ٢٥ إلى ٤٠ جراماً من البروتين في اليوم الواحد .

وللحصول على توازن أزوتي عند هذه النهاية الصغرى يجب اتباع التعليمات الآتية :

أولاً : يجب أن يكون الطعام ذا قيمة حرارية كبيرة . فمثلاً في إحدى التجارب التي قام بها ترونتز على نفسه وجد أنه في ميزان أزوتي سالب إذا تناول يومياً ٦٠ جراماً من البروتين وكانت القيمة الحرارية للغذاء ١٦٠٠ سعر كبير فقط ، في حين أمكنه أن يكون في توازن أزوتي إذا كانت القيمة الحرارية للطعام ٣٠٠٠ سعر حراري كبير وكانت كمية البروتين ٤٠ جراماً فقط يومياً .

ثانياً : يجب أن يكون البروتين ذا قيمة غذائية عالية (nutritional value) وتتوقف قيمة البروتين الغذائية على :

١٠ — معامل البروتين الهضمي (Coefficient of Digestibility) ، وهذا المعامل يساوي : $\frac{\text{كمية الأزوت التي تمتص إلى الدم}}{\text{كمية الأزوت الكلية في الطعام}} \times 100$. ويمكن تقدير كمية الأزوت التي تمتص إلى الدم بواسطة تقدير زيادة الأزوت في البراز عند تعاطي الطعام البروتيني . وهذه الزيادة تمثل أزوت الطعام الذي لم يمتص .

وبطرح هذه الزيادة من القيمة الكلية للأزوت بالطعام نحصل على كمية الأزوت التي تمتص إلى الدم .

وأصلح بروتين من هذه الوجهة هو الذى لا يزيد كمية الأزوت في البراز بتاتا بعد تعاطيه ، ويكون المعامل الهضمى في هذه الحالة ١٠٠٪ ، أى أن كل ما أخذ في الطعام من البروتين قد امتص في الدم لاستعماله بالجسم . وقد وجد أن البروتين الذى من أصل حيوانى أحسن من هذه الوجهة من البروتين الذى من أصل نباتى . لأن بروتين الحيوان له معامل هضمى بين ٩٥ و ١٠٠٪ فى حين أن بروتين النبات له معامل ما بين ٨٠ و ٨٥٪ ، وذلك لأن جدران الخلايا النباتية المكونة من الخليوز لا يمكن هضمها بجسم الإنسان ، فتمنع الهضم الكامل والامتصاص لبروتين الطعام بداخلها وخصوصا إذا لم يكن الطعام مطبوخا جيدا .

✓ ٢ — القيمة الحيوية للبروتين (Biological value) : يتركب البروتين — كما سبق أنفا — من عدد كبير من الأحماض الأمينية المختلفة . فبعض البروتينات ينقصها واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية التى تكون البروتوبلازم . وللجسم مقدرة على تحويل بعض الأحماض الأمينية إلى أخرى ؛ ولكن هناك عددا منها لا يمكن بأى حال من الأحوال للجسم أن يصنعه ، ويلزم أن يكون موجودا في الطعام بكميات مناسبة . وأما هذه الأحماض الأساسية فهى تربتوفين و سستين و ليسين و فيل ألانين و تيروزين و هستيدين وربما كان من ضمن الأحماض الأمينية الأساسية أيضا أرجنين و برولين و أيسوليوسين . فاذا كان البروتين الذى يؤخذ في الطعام ينقصه واحد أو أكثر من هذه الأحماض الأمينية الأساسية (essential amino acids) لا يمكن لهذا البروتين أن يحفظ الجسم فى أى توازن أزوتى مهما كان كبيرا ، فضلا عن حفظ الجسم عند النهاية الصغرى للتوازن الأزوتى . فمثلا ينقص البروتين زين (zein) ، وهو البروتين الأساسى فى الذرة الترتوفين والليسين ،

وينقص الهيكلتين الترتوفين والتيروزين وبه كميات قليلة جدا من السستين .
فهذان البروتينان لا يمكنهما بأى حال من الأحوال أن يحفظا الجسم في توازن
أزوتى إذا ما كانا هما البروتينان الوحيدان في الطعام . فقد عملت تجارب
على فيران أعطيت طعاماً كاملاً من كل الوجوه (من حيث القيمة الحرارية
وجود مائيات الكربون والدهون والأملاح الغير العضوية والفيتامينات)
ولكن كان البروتين الوحيد في الطعام هو البروتين زين . وقد نقص وزن
هذه الفيران تدريجاً حتى الوفاة ، وأما إذا زيد في الطعام الترتوفين
والليسين — وهما الحمضان الأمينيان اللذان ينقصهما البروتين زين فان
الحيوانات تحفظ توازنها الأزوتى بل تنمو الحيوانات الصغيرة كأي حيوان
آخر يأخذ طعاماً كاملاً .

يستنتج من ذلك أنه إذا أردنا أن نحصل على النهاية الصغرى للتوازن
الأزوتى وجب أن يكون البروتين محتويًا على جميع الأحماض الأمينية الأساسية .
وكما كانت هذه الأحماض موجودة تقريباً بنسبة وجودها في بروتوبلازم
الجسم قلت الكمية اللازمة منها في الطعام لحفظ الجسم في توازن أزوتى .
وقد اتبعت عدة طرق لتقدير القيمة الغذائية للبروتين ومنها ما يأتي :

✓ (١) يقارن البروتين الذى يراد معرفة قيمته الغذائية ببروتين جيد يعتبر
مستوى أمثل (Standard) للقيمة الغذائية كزلال اللبن (Laetalbumin) ،
فتقدر كمية الأزوت اللازمة لحفظ الجسم في النهاية الصغرى للتوازن الأزوتى
في حالتى زلال اللبن والبروتين الآخر . فمثلاً إذا لزم ستة جرامات من
الأزوت على شكل زلال اللبن و ١٠ جرامات على شكل البروتين الآخر
لحفظ الجسم في النهاية الصغرى للتوازن الأزوتى كانت القيمة الغذائية للبروتين
الآخر تساوى تقريباً $\frac{1}{10} \times 100$ ، أى ٦٠ ٪ من المستوى الأمثل .

✓ (٢) أضيف البروتين المراد تقدير قيمته الغذائية إلى طعام كامل من
كل الوجوه خال من البروتينات الأخرى . وقد أعطى هذا الطعام لحيوانات

في دور النمو؛ وحسبت القيمة الغذائية للبروتين بنسبة زيادة وزن الجسم بالجرام لكل جرام من البروتين أكل في الطعام .

(٣) أضيف البروتين المراد تقدير قيمته الغذائية لطعام كامل من كل الوجوه الأخرى لحيوانات صغيرة؛ وقدرت نسبة البروتين في الطعام اللازمة لحفظ تغذية الجسم من جميع الوجوه، أي من حيث النمو الطبيعي والصحة والإخصاب للحيوانات. واستمرت التجارب على الأقل لمدة ثلثي متوسط ما يعيشه الحيوان من العمر. وقد وجد بهذه الطريقة أنه يمكن تقسيم البروتينات من حيث قيمتها الغذائية إلى ثلاثة أقسام:

١ - بروتينات جيدة جداً: ويجب أن تكون هذه بنسبة ٩ ٪ من الطعام للحصول على النمو والصحة الكاملة والإخصاب. ومن هذه البروتينات تلك التي قدمها الله سبحانه وتعالى للطفل أو الحيوان في دور النمو الأول كزلال اللبن وزلال البيض (ovalbumin).

ب - بروتينات جيدة: وهذه يمكنها أن تحفظ النمو والحياة الطبيعية؛ ولكن يجب أن توجد بالطعام بنسبة أكثر من ٩ ٪. فمثلاً كازين اللبن يجب أن يوجد بنسبة ١٨ ٪، وذلك لأنه يحتوي على كميات من الحمض الأميني سستين أقل من النسبة المطلوبة.

ج - بروتينات رديئة: وهذه لا يمكنها حفظ الحياة بمفردها مهما كانت نسبتها كبيرة في الطعام ومنها البروتينان زين وجيلاتين.

هذا ويجب ألا ننظر أن هذه البروتينات الرديئة خالية تماماً من القيمة الغذائية؛ إذ أن وجودها في الطعام ينقص الكمية اللازمة من البروتينات الأخرى الجيدة لحفظ توازن الجسم الأزوتي. فمثلاً مع أنه يلزم أن يكون زلال اللبن موجوداً في الطعام بنسبة ٩ ٪ إذا كان بمفرده؛ فإن التوازن الأزوتي والصحة التامة أمكن الحصول عليها باعطاء ٤,٥ ٪ فقط من الطعام على شكل زلال اللبن و ١٣,٥ ٪ من الطعام على شكل الجيلاتين، أي أن ما

ينقصه نوع من البروتينات من أحد الأحماض الأمينية قد يمكن الاستعاضة عنه بإضافة كمية من بروتين آخر يحتوى على هذه الأحماض الأمينية .

التوازن الأزوتى الصحى (Hygienic N₂ Equilibrium) إذا استمر شخص على النهاية الصغرى للتوازن الأزوتى مدة طويلة قلت قابليته للعمل وقلت مناعته للأمراض ، ففي المناطق الموجودة فى أواسط أوربا فى الحرب الماضية — حيث اتبعت النهاية الصغرى للتوازن الأزوتى فى تموين السكان — انتشرت أمراض السل الرئوى بدرجة أكثر من العادية ؛ ولذلك يرى أنه من المرغوب فيه أن تزداد كمية البروتين فى الطعام فوق النهاية الصغرى . وقد قدر حوالى ١,١ من الجرام من البروتين فى اليوم لكل كيلو جرام من وزن الجسم للشخص البالغ و ٤ جرامات لكل كيلو جرام من وزن الجسم فى الأطفال دون السادسة من العمر و ٢,٦ من الجرام للأطفال فوق السادسة . وقد قدرت لجنة من الجمعية الملكية الانجليزية أن مائة جرام من البروتين فى اليوم هى أحسن كمية صحية لازمة ، بحيث يكون ثلثها على الأقل من أصل حيوانى .

طرد المجموعات الامينية من الأحماض الامينية

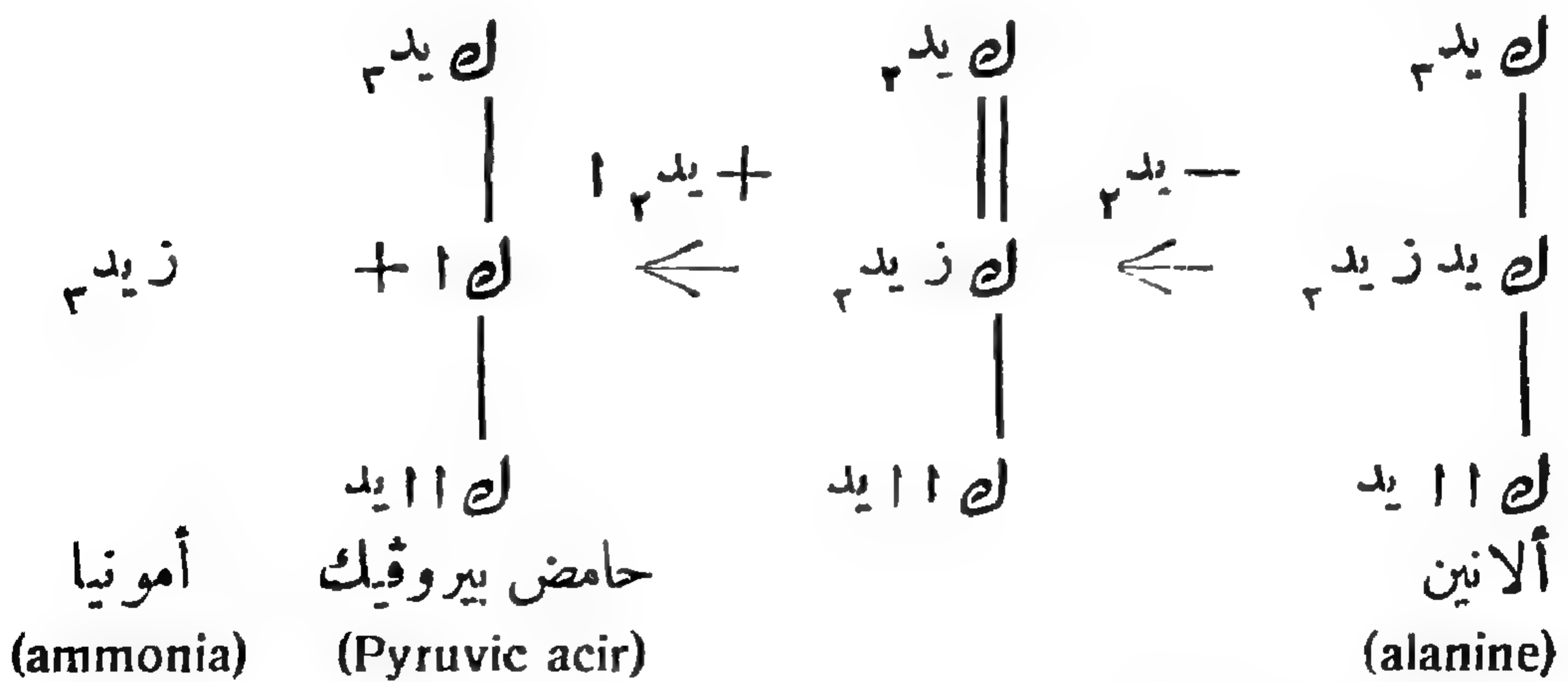
(Deamination)

تطرد المجموعات الامينية من الأحماض الامينية التى لا تستعمل فى ترميم البروتوبلازم فى الكبار أو فى تكوين بروتوبلازم جديد فى حالات النمو ، وما تبقى من الحمض الامينى ، أى الجزء الخالى من الأزوت ، يؤكسد بالجسم ، إما مباشرة لإعطاء طاقة ، أو بعد أن يخزن أولا بالجسم على شكل مائيات كربون أو دهون ، إذ أن الجزيء لا يفقد كثيرا من قيمته الحرارية بعد طرد مجموعة الأمين منه ، وكل ما يفقده هو نحو ٥ — ٢٠ ٪ من طاقته .

ويعتقد بعض العلماء أن طرد المجموعة الامينية يحدث فى الكبد وحدها ،

وذلك لأنه إذا حقنا الأحماض الأمينية في حيوان استوصلت منه الكبد أمكن استخراجها ثانية كلها من الأنسجة ومن البول ، أما إذا حقنت الأحماض الأمينية في حيوان عادي فلا يمكن ذلك إذ أن معظم الأزوت الموجود بها يفرز بالبول على هيئة بولينا . هذا وهناك رأى آخر، وهو أنه يمكن لأنسجة أخرى من الجسم — فضلا عن الكبد — أن تطرد المجموعات الأمينية من الحامض الأميني . فمثلا وجد أنه لو أضيفت أحماض أمينية إلى شرائح من الكلية أمكن للنسيج الكلوي أن يطرد مجموعات الأمين منها . فإذا صح ذلك كان طرد المجموعات الأمينية ممكنا وقوعه في أمكنة أخرى ، فضلا عن الكبد . ولكن ليس هناك خلاف في أن الكبد هي المكان الوحيد لتحويل المجموعات الأمينية إلى بولينا .

ومن المعتقد به أن طرد المجموعات الأمينية يحدث مصحوبا بأكسدة الجزء الباقي من الحمض الأميني (oxidative deamination) . فمثلا يتحول الحمض الأميني ألانين إلى حامض بيروفيك (Pyruvic acid) وأمونيا بحسب المعادلة الآتية :

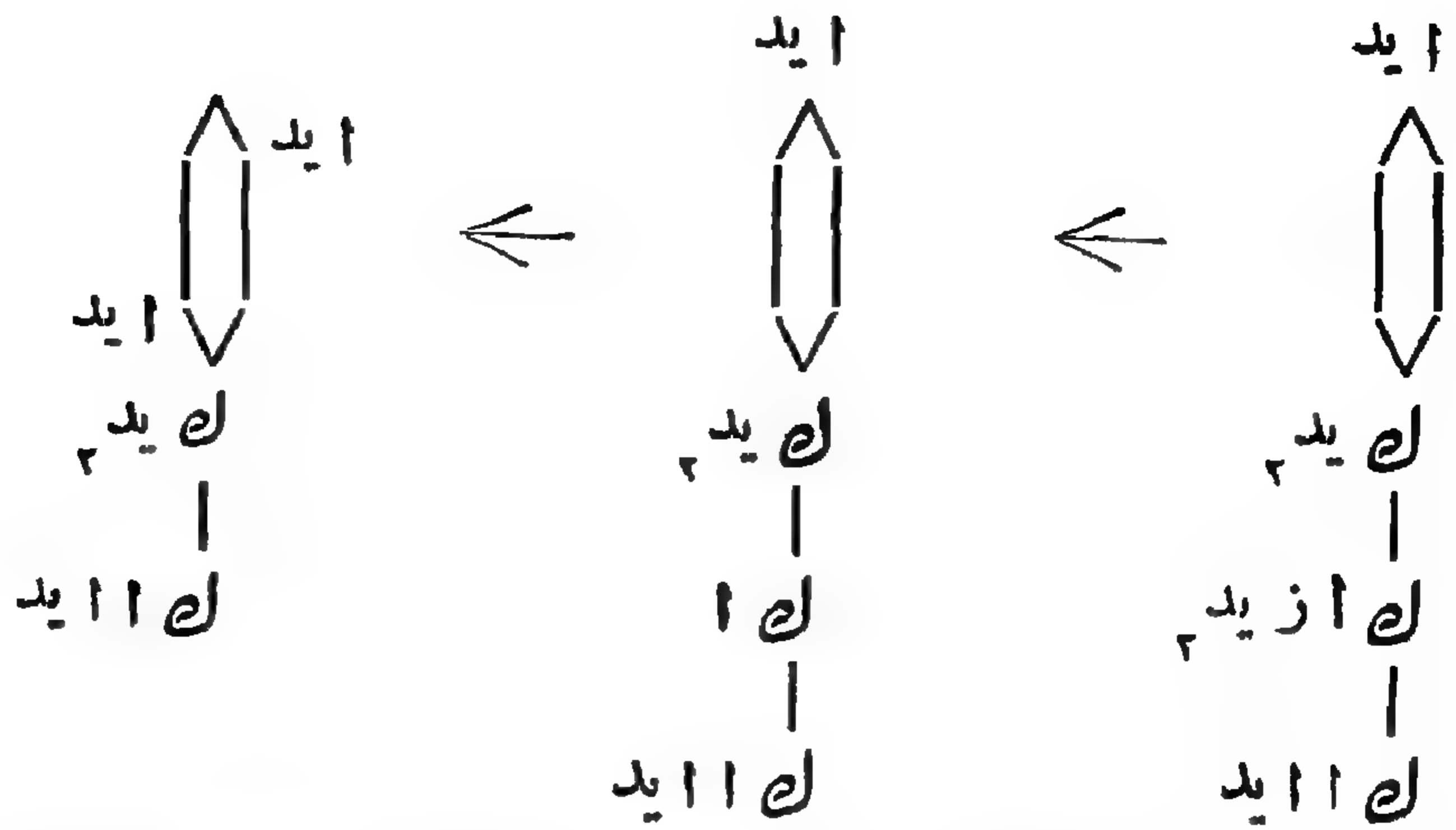


(١) أمكن فصل الأحماض الكيتونية — كحامض بيروفيك — والأمونيا ، كنتائج لطرد المجموعات الأمينية من الأحماض الأمينية ، بواسطة الكبد .

(٢) تحتاج الخطوة الأولى في المعادلة السابقة إلى وجود الخيرة طاردة الأيدروجين (dehydrogenase) وإلى وجود مادة قابلة لأخذ الأيدروجين (hydrogen acceptor) ولا استمرار هذه العملية يجب أن يكون الأكسجين موجوداً (أنظر باب التنفس النسيجي بالجزء الثاني) . وقد وجد تجريبياً أن عملية طرد مجموعات الأمين لا تحصل إلا في وجود الأكسجين

(٣) في حالات نادرة وراثية يوجد خطأ في التمثيل الغذائي للحمضين الأمينيين تيروزين وفينيل ألانين إذ لا يتأكسدان في الجسم إلى ثاني أكسيد كربون وماء كالعادة ، ولكنهما يتحولان إلى حمض هوموچنتيزيك (Homogentisic acid) الذي يفرز بالبول . ولهذا الحمض المقدرة على اختزال محلول فملمج ، وقد يؤدي ذلك إلى الاشتباه بوجود السكر بالبول . وإذا عرض البول الذي به حامض الهوموچنتيزيك للهواء وجعل تفاعله قاعدياً ، أسود لون البول ، وذلك نتيجة أكسدة حامض الهوموچنتيزيك إلى مادة سوداء خارج الجسم ، وتسمى هذه الحالة بالبول الألكبتوني (Alcaptonuria) . فإذا أعطى شخص عنده هذا النقص حامض هيدروكسيفينيل بيروفيك (hydroxyphenyl pyruvic) أفرز بالبول كحامض هوموچنتيزيك ، مما يدل على أن هذا الكيتون خطوة متوسطة في تحويل الفينيل ألانين إلى حامض هوموچنتيزيك . وأما إذا أعطى الشخص فينيل حامض اللبنيك (Phenyl lactic acid) فإنه لا يدعو إلى زيادة حامض الهوموچنتيزيك في البول ، وهذا يدل على أن فينيل حامض اللبنيك ليس خطوة متوسطة في تحويل الفينيل ألانين إلى حامض هوموچنتيزيك ويثبت ذلك أن طرد مجموعات الأمين من الحامض الأمينى هي عملية مصحوبة بأكسدة الجزء الباقي من الجزيء ، وليست عملية مصحوبة بتحليل مائى .

وتبين الرموز الآتية تحويل التيروسين إلى حامض هوموچنتيزيك عن طريق هيدوكسيفينيل بيروفيك



(تيروزين) (حامض هيدروكسيفينيل بيروثيك) (حامض هوموجنتيك) هذا وقد عملت تجارب أخرى على الأشخاص ذوى البول الألكيتونى لمعرفة فيما إذا كان طرد المجموعة Le^1 يسبق طرد المجموعة زيد 2 أو العكس بالعكس . فقد أعطى هؤلاء الأشخاص فينيل إيثيل الكحول (Phenyl Ethyl Alcohol) ، وقد وجد أنه لا يحول بالجسم إلى حمض هوموجنتيك . ولم تعمل التجارب بإعطاء فينيل إيثيل أمين إذ أن هذه المادة سامة ، ولذلك استعوض عنها بالفينيل إيثيل الكحول. وثبتت هذه التجارب أن الفينيل إيثيل الكحول أو أمين ليستا خطوتين متوسطتين ، وأن طرد المجموعة الأمينية يسبق طرد المجموعة الكربوكسيلية .

البولينا (urea)

تكوين البولينا فى الجسم : يوجد بالدم من ١٨ إلى ٣٥ ملليجرام من البولينا فى كل ١٠٠ سم^٣. وتوجد البولينا بمقادير مناظرة فى البلازما وفى الكرات الدموية وفى الأنسجة والسوائل المحيطة بها ، كل يحتوى عليها بنسبة الماء الموجود به . وليس هناك إلا استثناء واحد لهذه القاعدة ، وهو الكلى ، حيث توجد نسبة كبيرة من البولينا بها^(١) (من ١٥٠ — ٢٠٠ مجم لكل مائة جرام من الكلى) .

(١) قد تكون النسبة العالية للبولينا فى الكلى مسببة من وجود بعض البول المفرز فى الأنابيب الكلوية

وربما كان لذلك علاقة بوظيفة الكلى فى صناعة الأمونيا لمحاربة حالات الحموضة (acidosis) (أنظر باب تفاعل الدم بالجزء الثانى) ولوجود البولينا منتشرة فى كثير من الحيوانات الضئيلة اعتقد كثير من العلماء أن تكوين البولينا يحدث فى كل الأنسجة، ولكن قد ظهر خطأ هذه النظرية على الأقل فى الحيوانات الراقية حيث لا تتكون البولينا إلا فى الكبد، ويثبت ذلك ما يأتى:

(١) إذا فصلت الكبد من الجسم ومرر بأوعيتها الدموية دم به أحماض أمينية أو كربونات الأمونيا تحولت بسرعة إلى بولينا. وأما إذا فصل أى عضو آخر بالجسم وعملت عليه نفس هذه التجارب فلا تتكون البولينا.

(٢) يحتوى دم الوريد الكبدى على نسبة من البولينا أكثر من تلك الموجودة فى أى وريد آخر بالجسم.

(٣) إذا وضع بعض النسيج الكبدى فى فرن درجة حرارته ٣٧ مئوية. ازدادت كمية البولينا به، مما يدل على وجود خمائر بالكبد لعمل البولينا. أما إذا عملت نفس التجربة بأى نسيج آخر من الجسم فلا تزداد كمية البولينا التى به.

(٤) قد تمكن مان ومجاث (Mann and Maggath) من استئصال الكبد من الكلاب ومن بقاء الكلاب حية عدة ساعات بعد استئصال الكبد، بأن منع الموت السريع الذى يحدث من قلة سكر الدم (hypoglycaemia) بواسطة حقن سكر العنب باستمرار فى الحيوان. وقد وجد أن كمية البولينا فى الدم تنقص تدريجاً بعد استئصال الكبد، وذلك لأن البولينا تفرز بالبول ولكنها لا تتكون بالجسم الخالى من الكبد وأما إذا استؤصلت الكليتان والكبد فإن كمية البولينا فى الدم تبقى ثابتة، مما يدل على أن الكبد هو المكان الوحيد بالجسم لعمل البولينا.

(٥) فى حالات الكبد المرضية الشديدة — كحالات الضمور الأصفر الحاد (Acute yellow atrophy) — تقل كمية البولينا بالدم وتزداد كمية

تكون فضلات التمثيل الغذائي للبروتينات في الانسان والثدييات والامفيبيا والاسماك، ولكنها تستبدل بالحامض البولي في الطيور والزواحف. فلو تناول الشخص طعاماً عادياً متوسطاً (١٠٠ جرام من البروتينات يومياً) لكانت البولينا من ٨٥ — ٩٠ ٪ من الازوت الكلي في البول. ويفرز يومياً بالبول من ٢٠ — ٣٠ جراماً من البولينا، ولكن تتوقف كمية البولينا في البول على كمية البروتينات التي يتناولها الانسان فتزداد بازدياد البروتينات في الطعام وتقل معها. ولذلك نرى أن كمية البولينا المفرزة في اليوم قد تقل إلى جرامين فقط وقد تزيد كثيراً عن ٣٠ جم ، ولذلك تدل كمية البولينا بالبول على كمية التمثيل الغذائي لبروتين الطعام (exogenous protein metabolism) ولو أن كمية قليلة منها ناتجة من التمثيل الغذائي لبروتين الجسم (endogenous) . وللبولينا خواص كثيرة تجعلها أنسب مادة في أداء وظيفتها كأهم الفضلات الغذائية للتمثيل الغذائي البروتيني ؛ فهي سهلة الذوبان في الماء ؛ وتتم بسهولة من أغشية الخلايا ؛ وبها نسبة كبيرة من الازوت ٤٤,٦ ٪ ؛ وتفاعل محاليلها متعادل . وبذلك لا يؤثر تكوينها في درجة تفاعل الدم أو الأنسجة ؛ وهي مادة غير ضارة أو سامة حتى إذا وجدت في كثرة .

نحويل البروتينات إلى مائيات الكربوه في الجسم : يستطيع الجسم أن يحول البروتينات إلى مائيات الكربون . ويدعم ذلك البراهين الآتية :-

- ١ - إذا منع حيوان من الطعام اختفى الجليكوجين من الكبد ؛ فإذا أعطى الحيوان طعاماً مكوناً من البروتين فقط امتلأت مخازن الكبد بالجليكوجين مرة أخرى .

- ٢ - وجد في الحيوان الصائم المستأصل منه البنكرياس ، أو الصائم الذي يحقن بمادة الفلوردين (Phloridzine) أن نسبة سكر العنب إلى الازوت في البول ($\frac{D}{N}$ ratio) ثابتة ، مما يدل على أن كلا من الجلوكوز والازوت يأتان

من مصدر واحد، أى من بروتينات الجسم، إذ أن هذه هى المادة الوحيدة التى بها الأزوت، وقد وجد لسك (Lusk) أن هذه النسبة تساوى ٣,٦٥ ٪، أى أن كل جرام من الأزوت فى البول يعادل ٣,٦٥ من الجرام من الجلوكوز أى أن كل ٦,٢٥ ٪ من الجرام من البروتين يمثل بالجسم يعطى ٣,٦٥ من الجرام من الجلوكوز، أى أن ٥٨ ٪ من جزئى البروتين يمكن تحويله بالجسم إلى جلوكوز^(١).

وباجراء التجارب على هذه النسبة فى الحيوان الصائم المحقون بالفلوردين وجد أنه ليس لكل الأحماض الأمينية نفس القدرة على التحويل إلى جلوكوز، فبعضها يمكن تحويل كل ماتحويه من ذرات الكربون إلى جلوكوز، فى حين يتحول فى بعضها الآخر جزء فقط من الذرات الكربونية التى به. هذا ويوجد أحماض أمينية لا تعطى جلوكوزاً بالجسم بتاتاً. فمثلاً إذا أعطيت هذه الأخيرة للحيوان ازدادت كمية الأزوت فى البول، ولكن لا تزداد كمية السكر التى تفرز، وعليه قلت نسبة الجلوكوز إلى الأزوت عنها فى حالة الصيام. أما الأحماض الأمينية التى يمكن تحويلها كلياً أو جزئياً إلى الجلوكوز فهى جلسين وألانين وحامض اسبارتيك وحامض جلوتاميك وحامض هيدروكسى جلوتاميك وسيرين وأرجنين وبرولين. وأما الأحماض الأمينية فنيل الانين ونيروزين وليوسين فتعطى بالجسم أجساماً خلونية وأما تربتوفين وهستيدين فلا يعطيان سكرأ أو أجساماً خلونية، ويحدث تحويل الأحماض الأمينية إلى السكر فى الكبد؛ ويثبت ذلك أنه إذا حقن الحامض الأميني جلسين فى حيوان استوصلت منه الكبد لا يثودى ذلك إلى ضياع أعراض نقص سكر الدم الموجودة، مع أن هذا الحامض يتحول إلى سكر فى الحيوان الذى به الكبد. ولتحويل الأحماض الأمينية إلى سكر بالجسم أهمية عظيمة، إذ يجرى

(١) أنظر أيضاً جلوكوزوريا الفلوردين (ص ٢٣٦).

ذلك — كما ذكرنا آنفاً — في حالات الصيام ؛ وبذا تحفظ نسبة سكر الدم .
ويزيد من هذا التحويل الهرمون المسبب للبول السكرى الذى يفرز بالفص
الأمامى للغدة النخامية (Diabetogenic hormone) ويقلل هذا التحويل
الانسولين ، وهو الهرمون الذى يفرزه البنكرياس .

✓ **تحويل البروتين إلى دهن بالجسم :** يمكن للجسم أن يحول البروتين إلى
مواد دهنية . ويبرهن على ذلك ما يأتى :

١ — هناك أدلة كثيرة على أنه يمكن للجسم أن يحول البروتين إلى
مائيات الكربون ، كما توجد أدلة أخرى كثيرة على تحويل مائيات الكربون
إلى الدهون بالجسم . وعليه يستنتج منطقياً أن للجسم المقدرة على تحويل
البروتين إلى دهنيات على الأقل عن طريق مائيات الكربون .

٢ — أطعم كريم (Cremer) قطعاً طعاماً مكوناً من البروتين فقط ،
فوجد أن هذه الحيوانات حجرت بأجسامها كميات من الكربون أكثر
بمراحل مما يمكن أن يكون قد أبقي فى الجسم على هيئة بروتينات أو مائيات
الكربون . وعليه لزم أن يكون بعض ذلك الكربون خزن بالجسم على هيئة
مواد دهنية .

٣ — قام لسك (Lusk) بتجارب على الكلاب مشابهة لتجارب كريم
(Cremer) ووجد أن للجسم المقدرة على تحويل البروتين إلى دهن ، وخصوصاً
فى حالة ما إذا كانت مخازن الجليكوجين ملأى به .

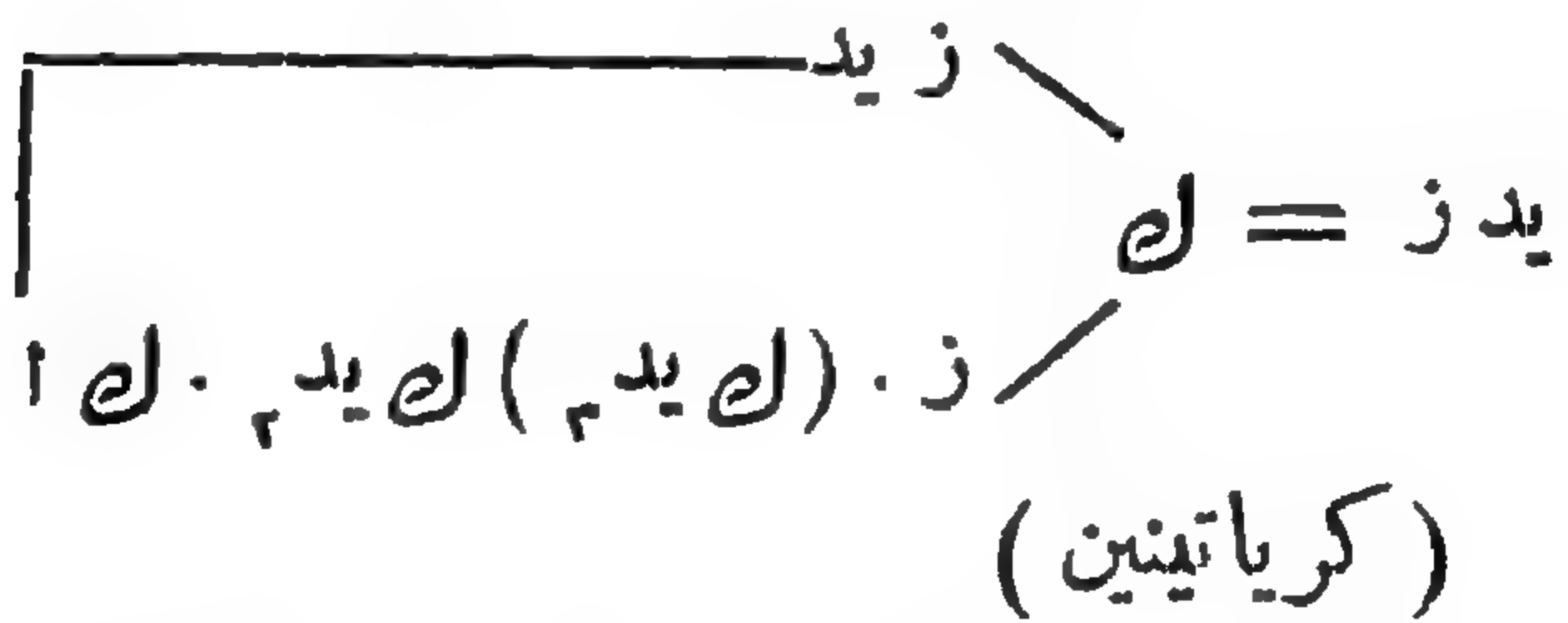
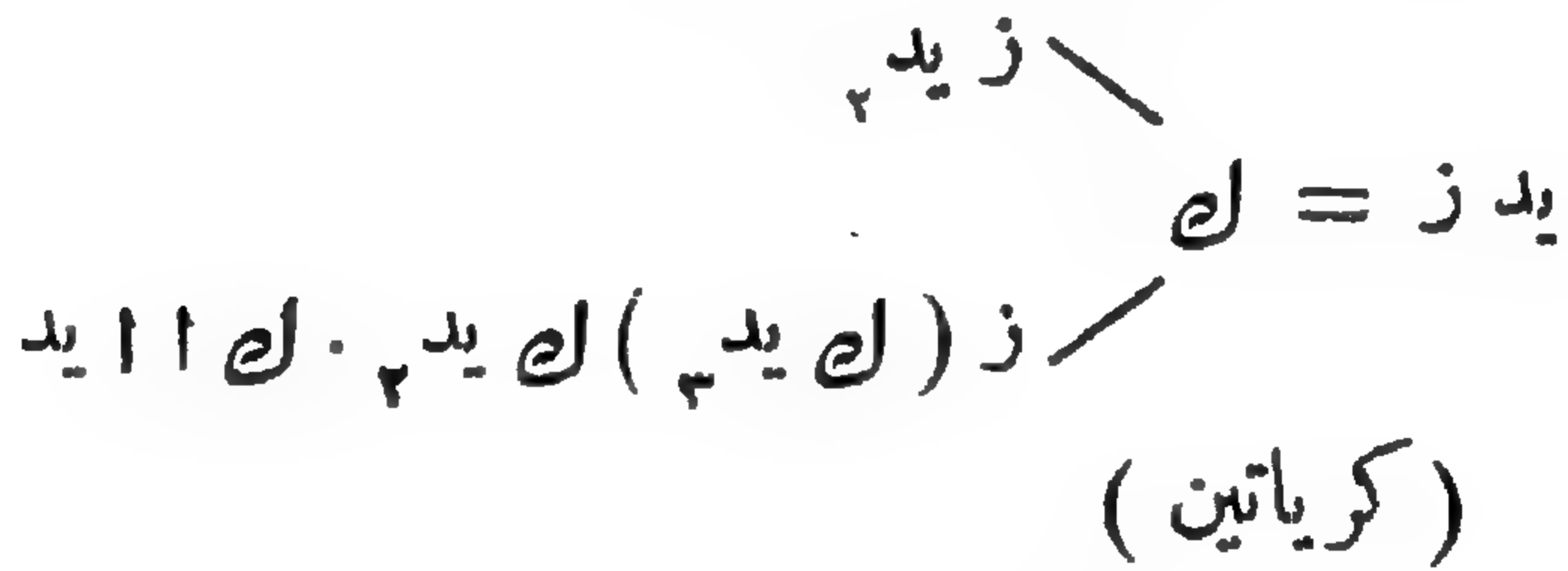
٤ — إذا ربيت ديدان ذباب الكاليفورا (Calliphora) على اللحم
حلته تحليلًا مائياً ، وطردت مجموعات الأمين من الأحماض الأمينية ،
وحولت ما تبقى من الجزيء إلى أحماض دهنية .

الباب السادس عشر

التمثيل الغذائي للكرياتين

(Creatine Metabolism)

الكرياتين هو ميثيل جوانيدين حامض الخليك (methyl guanidine acetic acid) ؛ وإذا فقد منه جزيء من الماء صار كرياتينين (creatinine) ويبين الرمزان الآتيان هذه العلاقة :



وقد تقدمت المعلومات في التمثيل الغذائي للكرياتين بالجسم عند ما اكتشف فولين (Folin) طريقة لتقديره ؛ وأساسها أن الكرياتينين مع حامض الإيكريك وأيدروكسيد الصوديوم يعطى پكرات الكرياتينين ذا اللون البرتقالي الأحمر الذي يمكن تقديره بواسطة مقياس الألوان (colorimeter) . وإذا أضيف إلى حامض الكلوردريك رسب پكرات الكرياتينين وأمكن تقديره بالوزن وبحول الكرياتين إلى الكرياتينين قبل تقديره ، ويجرى هذا التحويل بواسطة الأحمض .

وهو الكرياتين بالجسم : يحتوى جسم الانسان على ١٢٠ جراما من الكرياتين تقريبا ؛ ٩٨ ٪ منها موجود فى العضلات و ١,٥ ٪ فى المنخ والنخاع الشوكى ، والباقي موزع على بقية أنسجة الجسم ، ويحتوى الدم على ٣,٥ — ٥ مليجرامات كرياتين بكل مائة سنتيمتر مكعب ، معظمه موجود فى الكرات الدموية ، ويحتوى أيضا على مليجرامين تقريبا من الكرياتينين موزعين بالتساوى بين البلازما والكرات .

منبع الكرياتين للجسم :

أولا : يوجد الكرياتين فى الطعام . فمثلا فى اللحوم ، وإذا أعطى شخص كميات قليلة من الكرياتين حفظت بالجسم ؛ وأما إذا أعطيت كميات كثيرة جدا فان العضلات تأخذ منها ما يشبعها ثم يفرز الباقي بالبول إما على شكل الكرياتين وإما على شكل الكرياتينين .

ثانيا : فضلا عما يؤخذ من الكرياتين فى الغذاء يمكن الجسم أن يصنع الكرياتين من بعض الأحماض الأمينية ، ولتركيبه الكيميائى علاقة بجليسين وأرجنين ومثيل جوانيدين وكولين وقد تدخل هذه فى تركيبه .
ويثبت أن الكرياتين يتكون بالجسم من بعض الأحماض الأمينية ما يأتى :

- (١) أمكن زيادة الكرياتين فى البول بإعطاء أرجنين للخنازير .
- (ب) يدعو إعطاء جليسين إلى تحسن كبير فى أحوال مرضية للعضلات مصحوبة بضمورها كمرض الضعف العضلى الشديد (myasthenia graves) . ويعتقد أن المرض ينتج من نقص فى التمثيل الغذائى للكرياتين . ويؤدى إعطاء الجليسين إلى زيادة كبيرة فى كمية الكرياتين بالعضلات والبول ؛ ويدعو إعطاء أرجنين ومثيل جوانيدين إلى بعض التحسين ولكنه أقل من التحسين الذى يصحب إعطاء الجليسين ، وقد أعطى الحامض الأمينى هستيدين

وبعض الأحماض الأمينية الأخرى ولكن كانت بلا فائدة .

نستخلص من ذلك أنه يمكن تكوين الكرياتين في الجسم من الأحماض
الأمينية جليسين وأرجنين . وقد يكون هناك أحماض أخرى يتكون منها
لم تعرف بعد .

أين يصنع الكرياتين بالجسم ؟ قد يظن لأول وهلة أن الكرياتين يصنع
بالعضلات ، من حيث إنها تحتوي على أكبر كمية منه ، ولكن يدعى هاردنج
وكامرون (Harding & Cameron) أنه يصنع خارج العضلات ثم تأخذه
العضلات من الدم حتى تتشبع به ، وما بقى بعد ذلك يفرز بالبول وكلما
زادت كمية النسيج العضلي بالجسم اختفى الكرياتين من البول وبقي
الكرياتين فقط والعكس بالعكس ، وإثباتاً لذلك يقدمان حالات أشخاص
بترت سيقانهم وبذلك قلت كمية العضلات الموجودة بالجسم . ففي هذه
الحالات زادت كمية الكرياتين في البول في حين قلت كمية الكرياتينين .
وبهذه النظرية أيضاً يفسران الفرق بين بول الرجل والمرأة والطفل ، إذ أن
الأول لا يحتوي على كرياتين ولكن به كرياتينين فقط . في حين أنه يوجد
في بول المرأة والطفل كل من الكرياتينين والكرياتين ، لأن كمية النسيج
العضلي في الرجل أكثر منها في المرأة أو الطفل ، وهكذا نرى أن مكان
صناعة الكرياتين في الجسم غير معروف للآن . ولكنه في الغالب ليس
في العضلات .

أين يصنع الكرياتينين ؟ يصنع الكرياتينين في الغالب من الكرياتين
بالعضلات ، وذلك لأنه في الحالات السابقة — حالة ذوى السيقان المبتورة —
تقل كمية الكرياتينين في البول في حين تزيد كمية الكرياتين ، وكذلك إذا
وضع بعض النسيج العضلي في فرن درجة حرارته ٣٧ مئوية (incubated)
ازدادت كمية الكرياتينين به عند درجة تركيز إيدروجيني معينة .

وظيفة الكرياتينين : يوجد حوالي ٩٨٪ من كرياتين الجسم بالعضلات ، وكلما زادت سرعة العضلة وقوتها وعملها زادت نسبة الكرياتين بها . وكذلك تزداد كمية الكرياتين بالعضلات في الطفل بعد الولادة مع زيادة قدرته على تحريكها ، كما أن كمية الكرياتين بالرحم تزداد مع الحمل . وهكذا دلت هذه الحقائق على أن للكرياتين وظيفة مهمة في عمل العضلات وأما هذه الوظيفة فلم تعرف تماما حتى سنة ١٩٣٠ ، حيث وجد أنه يمكن للعضلات أن تنقبض بدون أن يتغير الجليكوجين بها إلى حامض اللبنيك . إذا ما سممت بأيودو خلاص الصوديوم (Sodium iodoacetate) ، وأن انقباض هذه العضلات مصحوب بظهور كميات كبيرة من الكرياتين المطلق بها .

يوجد معظم الكرياتين بالعضلات متحدا مع حامض الفوسفوريك مكونا فوسفات الكرياتين أو فوسفاجين (Phosphagen) . ويتحلل الفوسفاجين مائيا عند انقباض العضلات إلى كرياتين وفوسفات ، وينتج عن هذا التحلل طاقة وحرارة (exothermic) ، ويمكن حدوثه بدون وجود الأوكسيجين أي أن هذا التحليل لا هوائي (anaerobic) ، وهكذا نرى أنه تفاعل لا هوائي يكون مصدرا للطاقة بالعضلات . ويدعى بعضهم أن العضلات تحصل على الطاقة اللازمة لانقباضها من التحليل المائي للفوسفاجين . وإذا سممت العضلات بأيودو وخلاص الصوديوم كانت كمية الفوسفاجين المحللة معادلة لكمية العمل الذي تقوم به العضلات ، فإذا ما استنفد كل فوسفاجين العضلة حصل بها تيبس أي انقباض مستمر (rigor) .

ويتحد الكرياتين مع الفوسفات ليكون فوسفاجين ثانية بعد الانقباض ويمكن لذلك أن يحدث جزئيا بدون الأوكسيجين أو الدورة الدموية ، ولكن يجب وجود الأوكسيجين إذا أردنا أن يتحول كل الكرياتين والفوسفات المتكونين وقت الانقباض إلى فوسفاجين ثانية ، وتحصل العضلات على الطاقة اللازمة لتحويل الكرياتين والفوسفات إلى فوسفاجين .

في حالة غياب الاوكسيجين من تلك الناشئة من تحويل الجليكوجين إلى حامض اللبنيك ، وأما في حالة وجود الاوكسيجين فتحصل العضلات على الطاقة اللازمة من أكسدة حامض اللبنيك أو أى مواد غذائية أخرى موجودة إلى ثانى أكسيد كربون وماء .

ولو أنه ليس معروفاً تماماً إن كان التحليل المائى للفوسفاجين هو السبب في انقباض العضلات أو في ارتخائها (أنظر باب العضلات الجزء الثالث) إلا أنه من المؤكد أن وجود الكرياتين بالعضلات أساسى لعملها . ويدعم ذلك ما وجد أخيراً في حالات ضعف العضلات المرضية إذ أن كمية الكرياتين بها أقل كثيراً من الكمية العادية .

هذا وهناك فائدة أخرى إذ أن انطلاق الكرياتين وقت انقباض العضلات يزيد من مقدرتها على تعادل الأحماض الناشئة وقت الانقباض ، لأن الكرياتين قاعدة قوية .

إخراج الكرياتين والكرياتينين بالبول

لا يوجد ببول الرجل العادى إلا الكرياتينين فقط ، ويوجد كل من الكرياتين والكرياتينين ببول المرأة والطفل . وقد قارن فولين (Folin) بين كمية الكرياتينين بالبول عند تناول طعام به كميات كبيرة من البروتين وكميات قليلة منه ، فوجد أن كمية الكرياتينين التى تفرز بالبول لا تمت بصلة لكمية البروتين التى تؤخذ بالطعام ، فلا تزداد ولا تنقص معها — بخلاف البولينا . وعلى ذلك استنتج فولين أن كمية الكرياتينين بالبول لا يمكن أن تؤخذ مقياساً لكمية البروتين المأخوذ بالطعام والمستعمل بالجسم (exogenous protein metabolism) ؛ إذ أن مقياس ذلك كمية البولينا . وأما كمية الكرياتينين فهى ثابتة ؛ ويمكن أن تؤخذ مقياساً للنشاط النسيجي أو لتمثيل البروتين الداخلى للخلايا نفسها (endogenous protein)

(metabolism). ويفرز ببول الرجل من ١,٥ — ٢ جرام كرياتينين يوميا ،
وببول المرأة من ٠,٨ — ١,٥ جرام يوميا . ومعامل الكرياتينين (creatinine
coefficient) هي كمية الكرياتينين المقدرة بالمليجرامات التي تفرز يوميا
من كل كيلوجرام من وزن الجسم ، وهي نحو ٢٥ في الرجل و ١٦ في المرأة
و ٩ في الطفل ، وهي ثابتة لا تتغير ، وتناسب كمية العضلات الموجودة
بالجسم . وبذلك نرى أنه قد يكون لامرأة ذات عضلات متمرنة معامل
كرياتينين أكبر منه في رجل سمين قليل الحركة .
وتزداد كمية الكرياتينين التي تفرز بالبول وقت المجهود الرياضي ، ولكنها
تقل بعد ذلك وبذلك تبقى الكمية اليومية ثابتة .
ويظهر الكرياتين في بول الرجل في الأحوال المرضية التي تدعو إلى
هزال العضلات ، كالحميات والجواتر الجحوظي والصيام المستمر والبول السكري
والاورام الخبيثة وغيرها .

الفصل السابع عشر

التمثيل الغذائي للكبريت

(Sulphur metabolism)

يمكن تقسيم مركبات الكبريت التي توجد بالطعام والجسم قسمين رئيسيين : مركبات غير عضوية ، وأخرى عضوية .

المركبات الغير العضوية : وتنقسم الى :

١ - الكبريتات (inorganic sulphates) : وهى أملاح حامض الكبريتيك مع الفلزات القاعدية ، الصوديوم والبوتاسيوم وغيرهما . وإذا أخذت كبريتات الصوديوم أو البوتاسيوم بالطعام امتصت كما هى ، فتعطى كميات متساوية من الأيونات القاعدية والحامضية للدم . وأما إذا أخذت كبريتات الأمونيا فانها تزيد الحموضة فى الدم ، وذلك لأن الأمونيا تتحول بسرعة إلى بولينا بالجسم ، فى حين تقلل أيونات الكبريتات احتياطي القواعد بالدم (Alkali reserve) ، ولا تمتص كبريتات المغنسيوم إلا بصعوبة ، ولذلك تدعو إلى الاسهال .

ويحتوى الدم على ١.٠ إلى ١.١ ملليجرام من الكبريتات الغير العضوية بكل مائة سنتيمتر مكعب . وتوجد كميات مقابلة لهذه فى كل سوائل الجسم والأنسجة . وتتكون الكبريتات الغير العضوية فى الجسم من أكسدة الكبريت الموجود ببعض الأحماض الأمينية وتعتبر الكبريتات الغير العضوية فضلات موجودة بالدم فى طريقها لتفرز بالبول بوساطة الكلى ولا يمكن الجسم أن يستعملها لصناعة الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت ؛

ولكن لها فائدة واحدة إذ باتحادها مع الفينول في الكبد تقلل من ضرر الفينول (Detoxication)

ب — كبريتيدات (Sulphides) : تمتص الكبريتيدات من الأمعاء الغليظة أو من الرئتين . وتتكون الكبريتيدات في الأمعاء الغليظة بوساطة فعل البكتريا في الكبريت الموجود في الاحماض الأمينية . وإذا وجد كبريت الايدروجين في الهواء بنسبة ١ : ١٠٠٠ كان ساما وشل حركات التنفس وسبب الموت . وتتأكسد الكبريتيدات بالجسم بسرعة إلى كبريتات .

ح — كبريتوسيانات (Thiocyanates) : وتوجد بكميات قليلة في اللعاب وفي البول وهي تتكون باتحاد السيونورات بالكبريت — وبذلك يقل ضررها بالجسم .

مركبات الكبريت العضوية : يمكن تقسم المركبات العضوية الكبريتية قسمين : المركبات الغير البروتينية والمركبات البروتينية

١ — المركبات الغير البروتينية (Non-protein Sulphur) يحتوي هذا القسم على :

(١) الكبريتات الاثيرية (Ethereal Sulphates) : توجد بنسبة ١-٠١ مجم في كل مائة سم^٣ من الدم ؛ وهي تتكون باتحاد حامض الكبريتيك مع الفينول أو مشتقاته . ويتكون الفينول من فينيل الانين وتيروزين في الأمعاء الغليظة بوساطة البكتريا (ص ١١٠) ، كما يتكون اندول وسكاتول من تربتوفين . والفينول ومشتقاته مواد سامة ؛ وباتحادها مع حامض الكبريتيك يقل ضررها في الجسم ، ويحدث الاتحاد في الكبد ويقل في حالات إصابة الكبد المرضية .

ب — سلفولبيد (Sulpholipide) : وهي مواد دهنية بها كبريت وتوجد في النسيج العصبي .

ح - أرجوثيونين (Ergothionine) : وهو مركب كبريتي موجود
بكرات الدم الحمراء .

٢ - المركبات البروتينية (Protin Sulphur) : ويتوى هـذا
القسم على :

١ - سستين (Cystine) ومشتقاته : يوجد السستين بكميات مختلفة في
جزء البروتين وفي كل الأنسجة الحية بالجسم ، وهو أحد الأحماض الأمينية
الأساسية التي لا يمكن أن تتكون في الجسم من غيرها ، والتي يجب أن توجد
بالطعام ، فهي لازمة للنمو ولحفظ الجسم في توازن أزوتي ، والسستين
ومشتقاته في غاية الأهمية ، فهي تسرع تفاعلات الأكسدة والاختزال
بالجسم وقد اكتشف هوپكنز (Hopkins) مركب الجلوتاثيون
(glutathione) . وهو مكون من ثلاثة أحماض أمينية : سستاين
(Cysteine) ، وحامض جلوتاميك (glutamic) ، وجليسين (glycine)
وهو موجود في كل الأنسجة العاملة وفي الدم ، ويساعد الأكسدة كثيراً
بوساطة مجموعة (ك ب - يد) الموجودة به (أنظر باب التنفس النسيجي ،
الجزء الثاني) .

وربما كان السستين الموجود بجزء الأنسولين هو السبب في مقدرة
الأنسولين على تنبيه أكسدة مائيات الكربون بالأنسجة .

ب - ميثونين (methionine) : وهو حمض أميني آخر يحتوي على
الكبريت ؛ وربما كان مهماً أيضاً في عمليات الأكسدة .

ح - تورين (Taurine) : أو أمينو إيثيل حامض الكبريتيك ؛ ويوجد في
الصفراء متحداً مع حامض الكوليك ومكونا حامض توروكوليك ، ويتكون
التورين في الجسم من السستين ولكن لا يمكن للجسم تحويل التورين إلى
سستين ثانية . وإذا حقن التورين في الجسم أفرز بعضه متحداً مع حامض
الكوليك بالصفراء ، وظهر بعضه مطلقاً في البول .

- ٥ — جلو كوبروتين (Glucoproteins) : وتحتوى على :
- ١ — ميوكويتين (mucoitin) : ويوجد فى الرطوبة الزجاجية للعين (vitreous humour) وفى الافرازات المخاطية للقناة الهضمية .
- ٢ — كوندرويتين حامض الكبريتيك (chondroitin sulphuric acid) . ويوجد فى الغضاريف وفى طنب (tenden) العضلات ، وجدران الشرايين ، وفى الطبقة الصلبة للعين (Sclera) ، وبالشعر والأظافر .
- ٣ — الميلانين (melanines) : وهى مواد ملونة (Pigments) تحتوى على الكبريت ونتائج أكسدة الأحماض الأمينية العطرية (Aromatic Amino acids) . وتوجد فى أجزاء الجسم الملونة .
- افراز الكبريت من الجسم : يفقد الجسم الكبريت بالشعر والأظافر ، وفى إفرازات الصفراء واللحاب والقناة الهضمية ؛ ولكن معظم الكبريت يفرز بالبول وتقسم مركبات الكبريت البولية ثلاثة أقسام :
- أولا : الكبريتات الغير العضوية (inorganic sulphates) وهى كبريتات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والأمونيا .
- ثانيا : الكبريتات الايثرية (ethereal sulphates) — وهى الانديكان أى أندوكسيل كبريتات البوتاسيوم .
- ثالثا : الكبريت المتعادل (neutral sulphur) ومنها سستين وتورين وأحماض الصفراء وثيوسلفات ويوروكروم .
- وإذا كان الشخص يتناول طعاما عاديا به ١٠٠ جم بروتين فى اليوم كانت الكبريتات الغير العضوية بنسبة ٨٨٪ من الكبريت الكلى فى البول ، وكانت الكبريتات الايثرية بنسبة ٧٪ ، والكبريت المتعادل بنسبة ٥٪ . وتزداد كمية الكبريتات الغير العضوية بالبول مع زيادة البروتين بالطعام ، وتقل معه — ولذلك هى كالبولينا تؤخذ مقياسا لكمية التمثيل الغذائى الخارجى للبروتين (exogenous protein metabolism) وأما الكبريت المتعادل فهو ثابت

الباب الثامن عشر

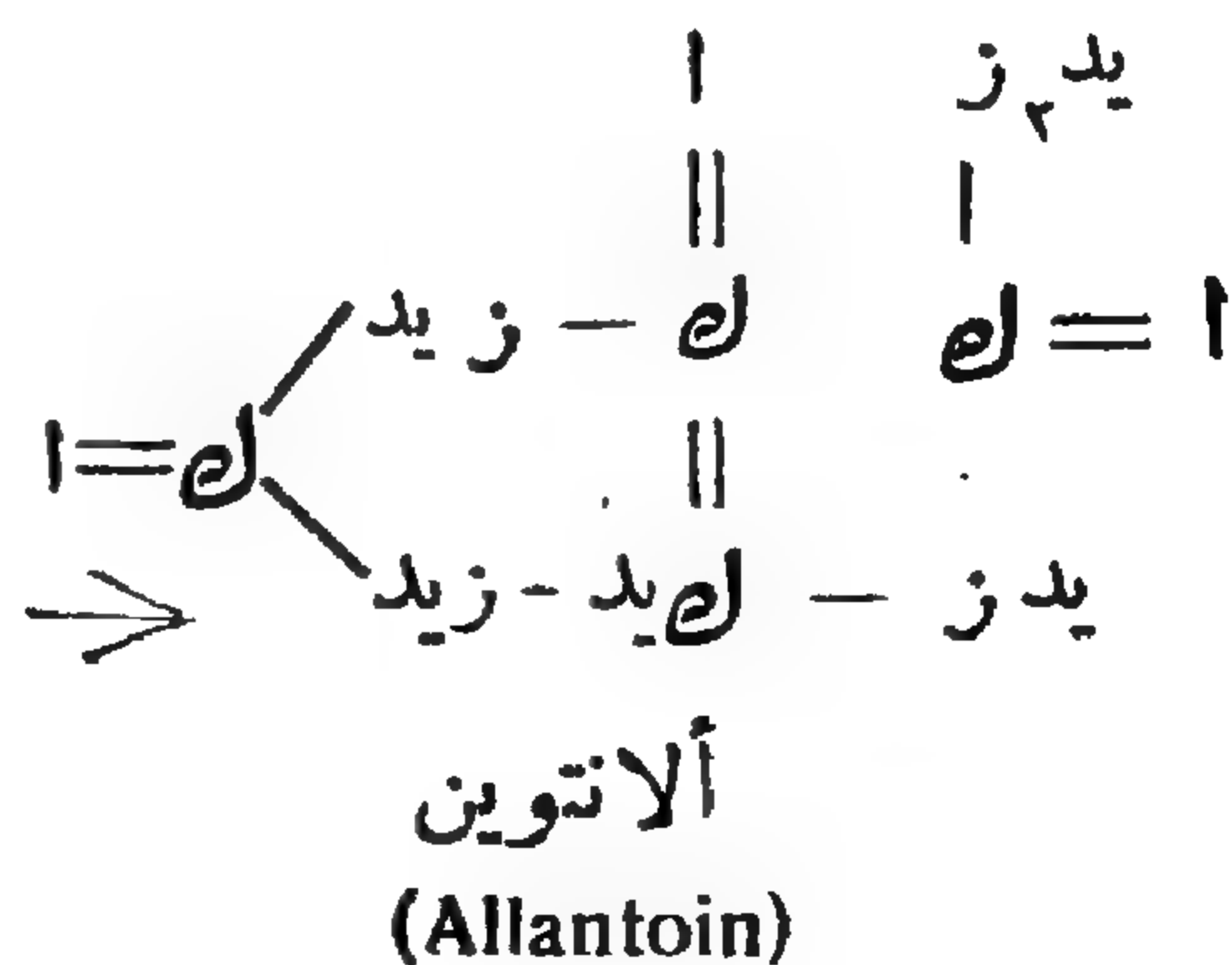
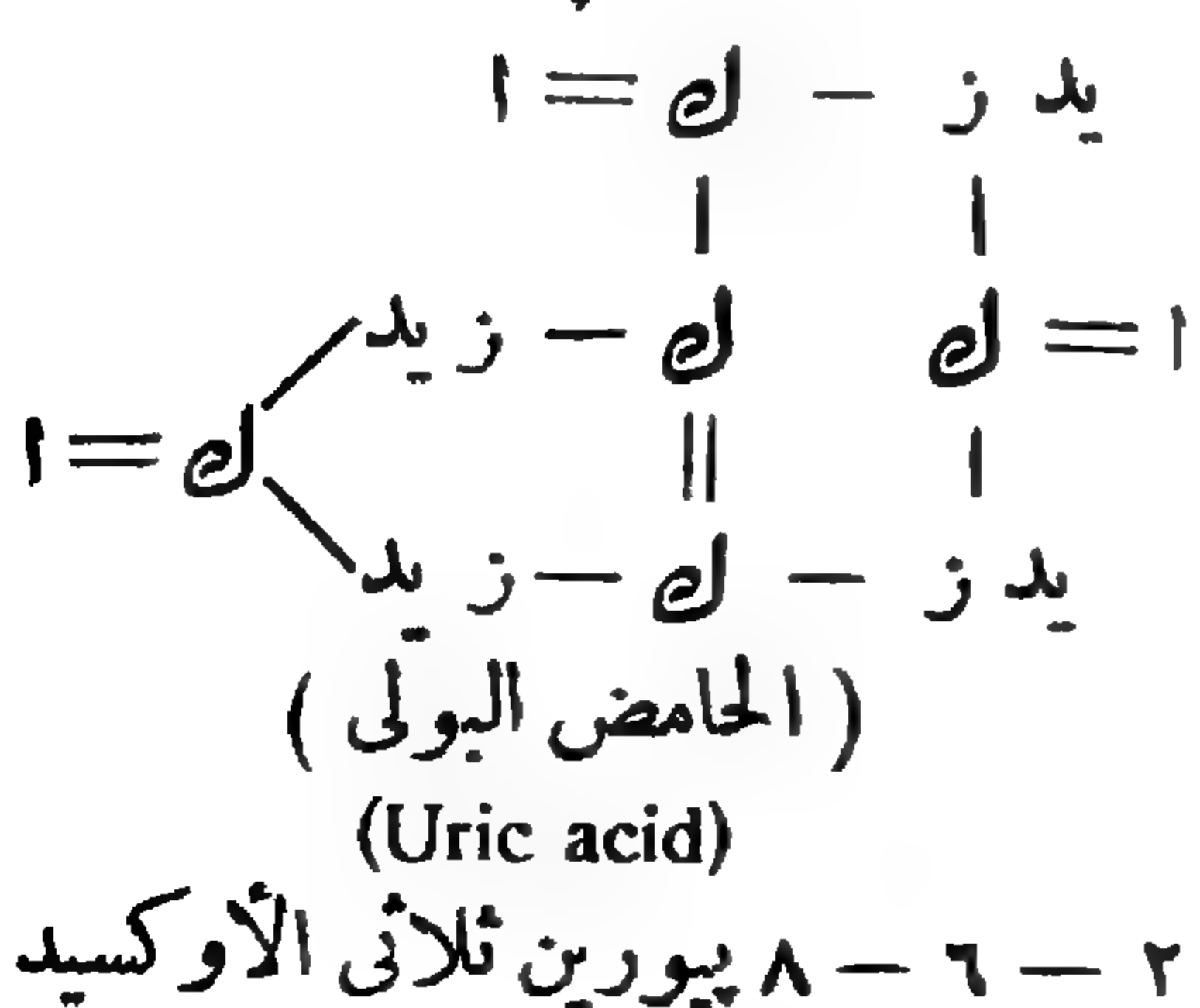
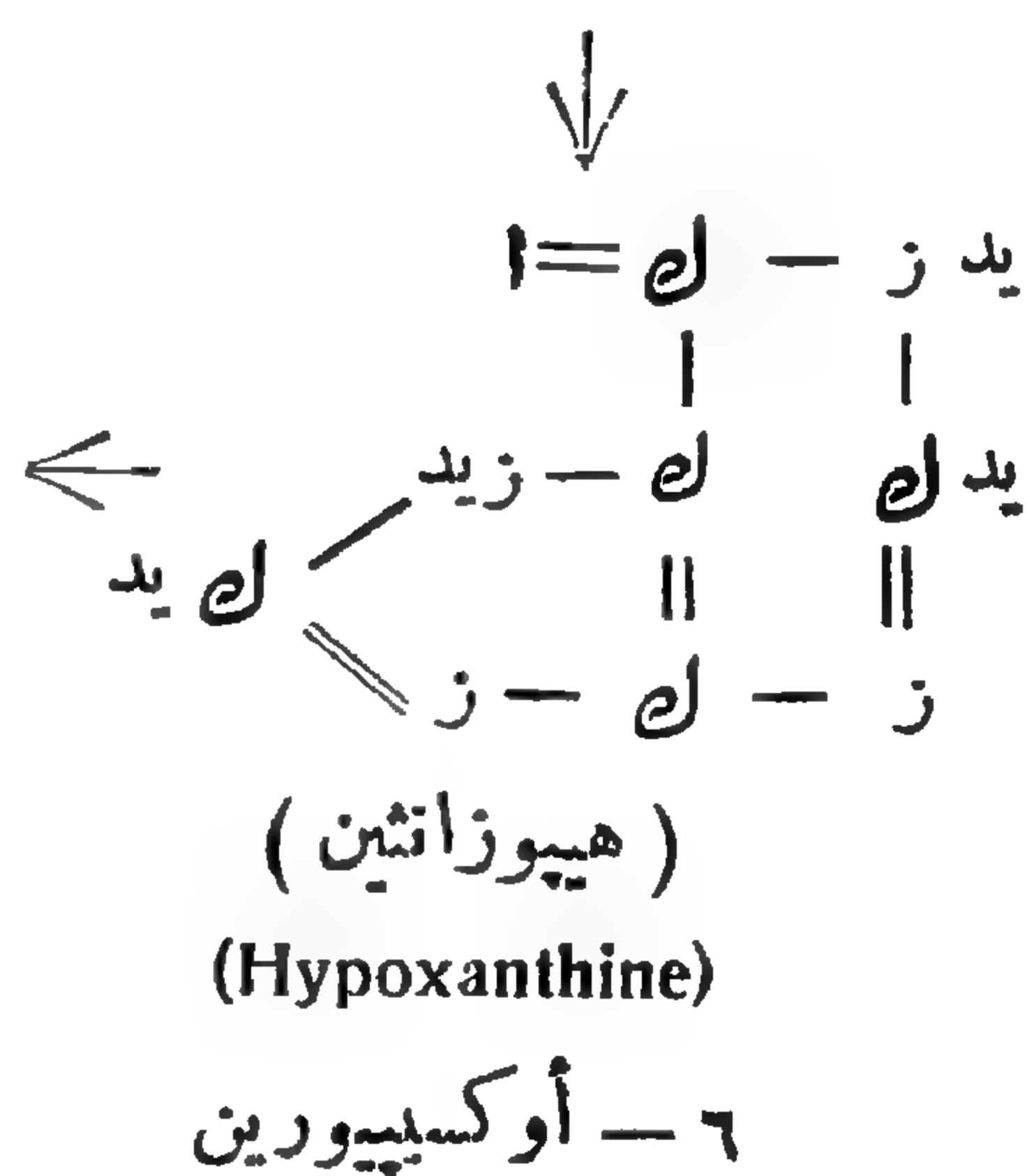
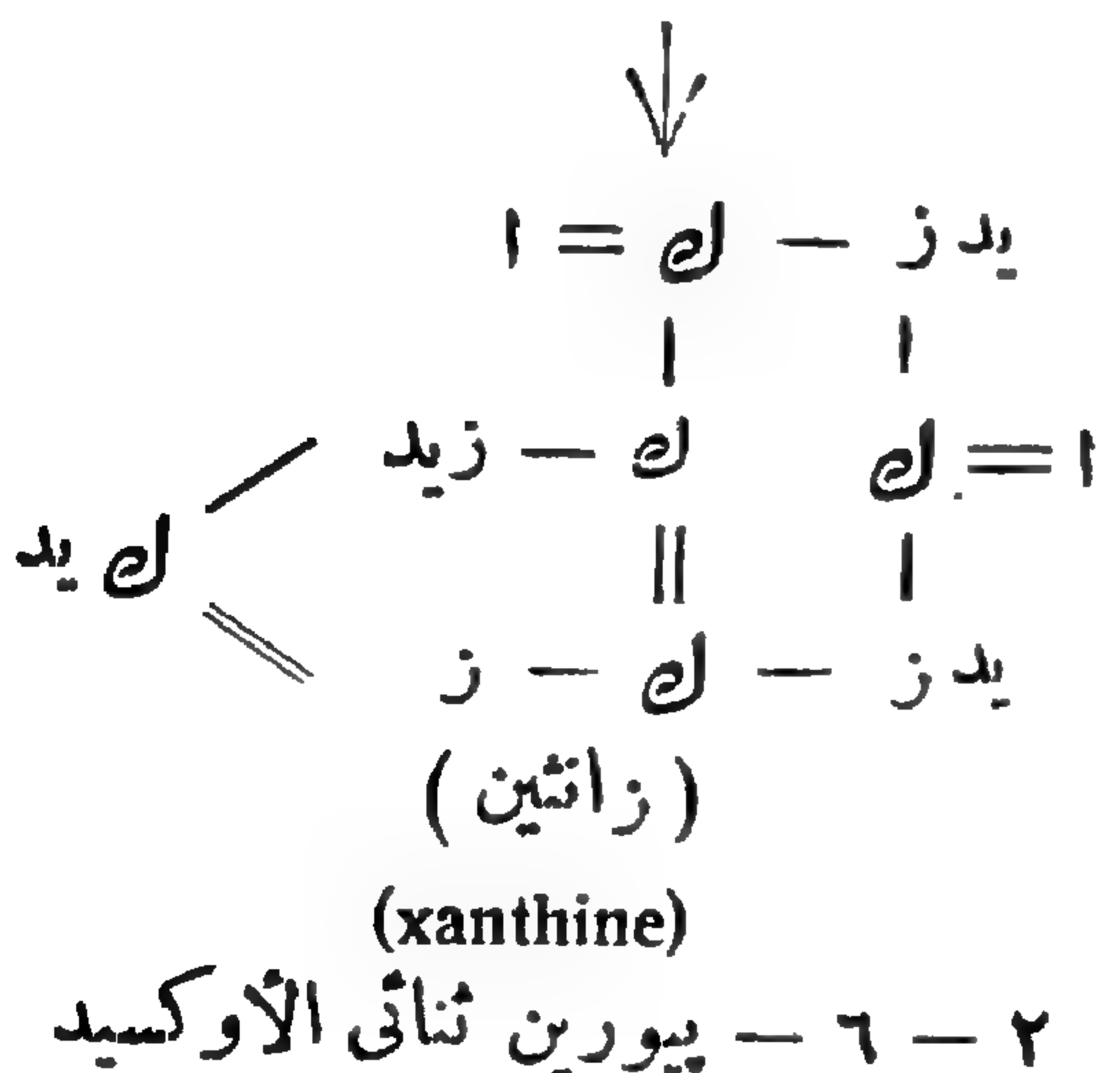
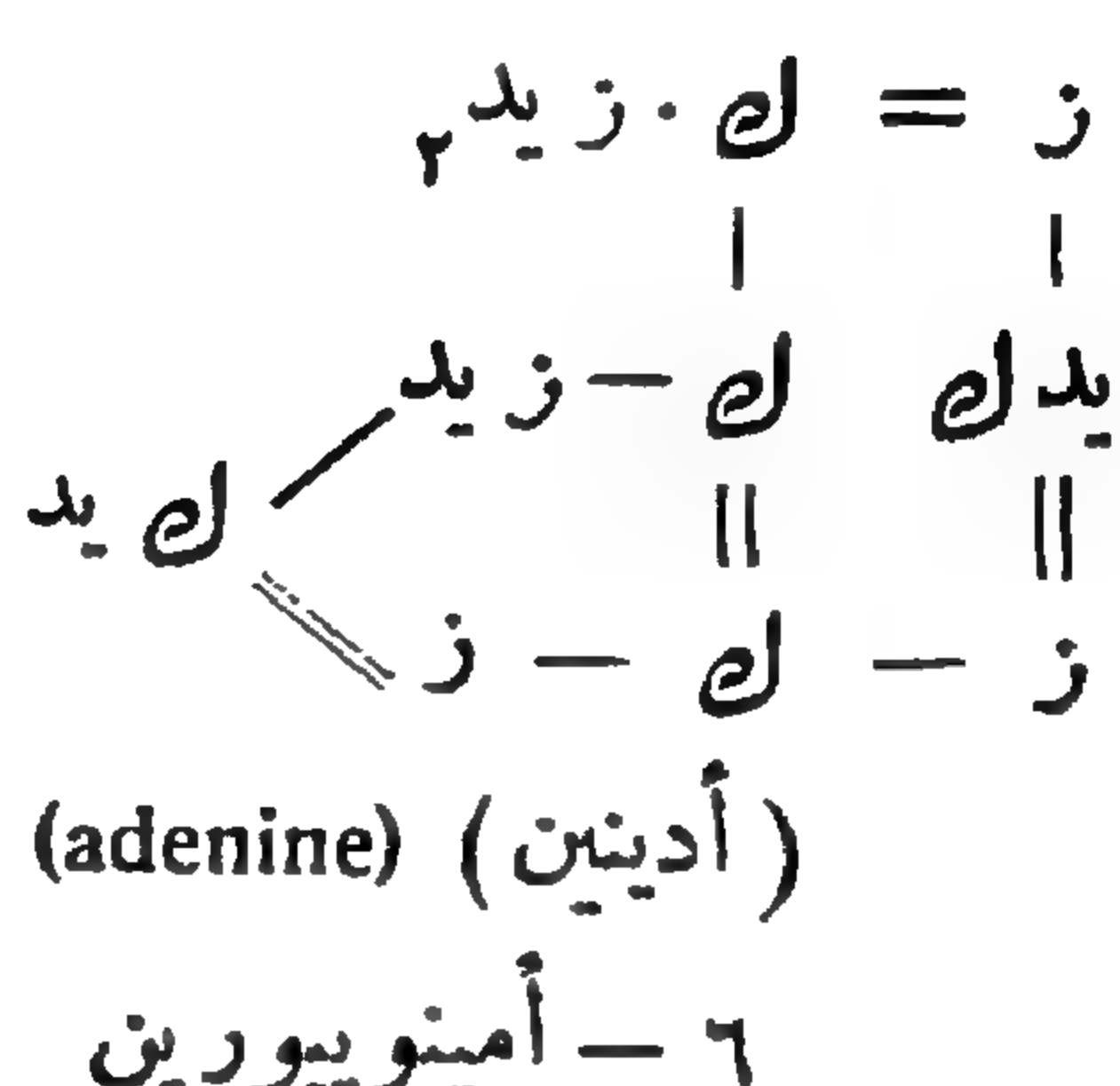
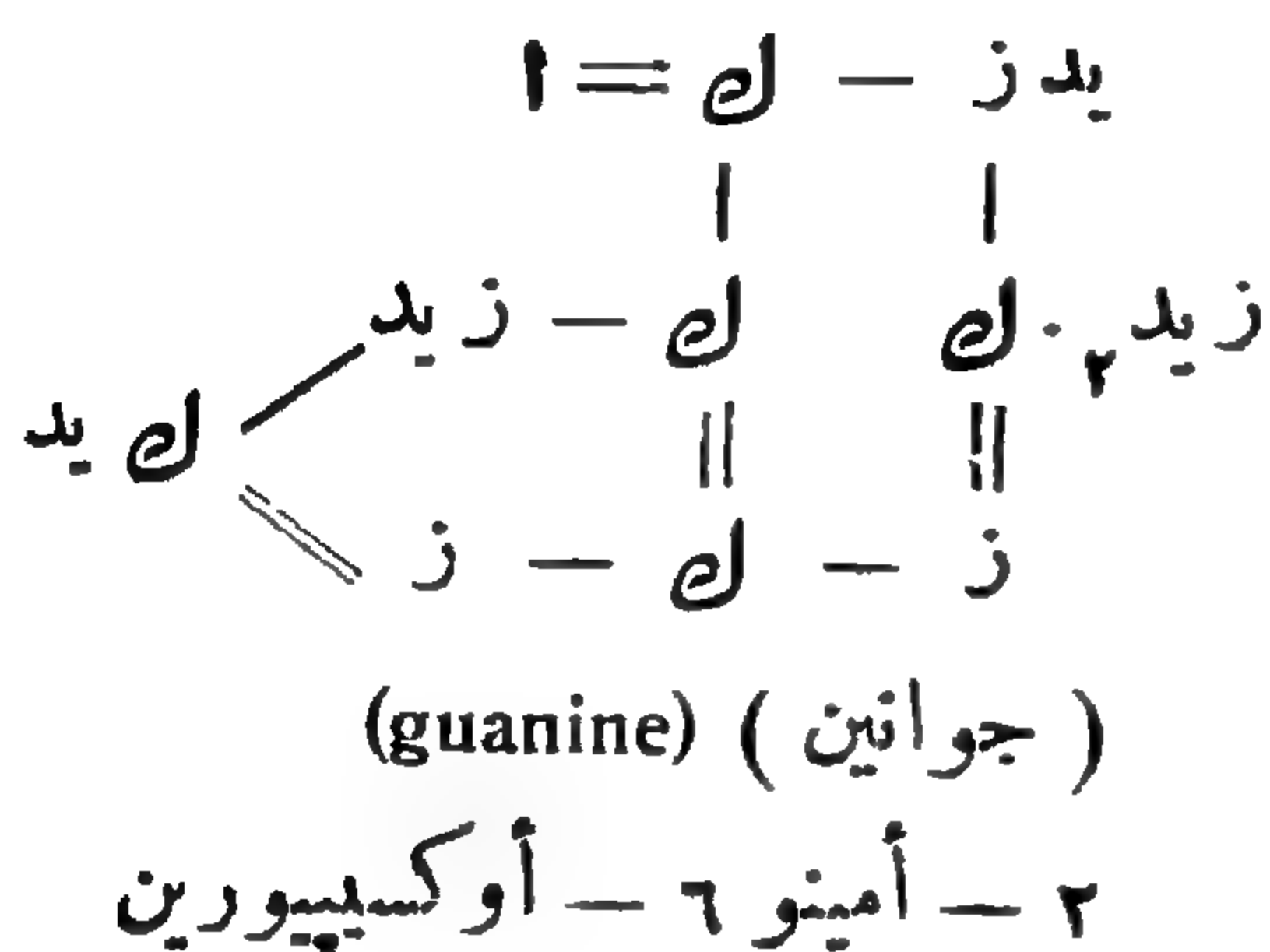
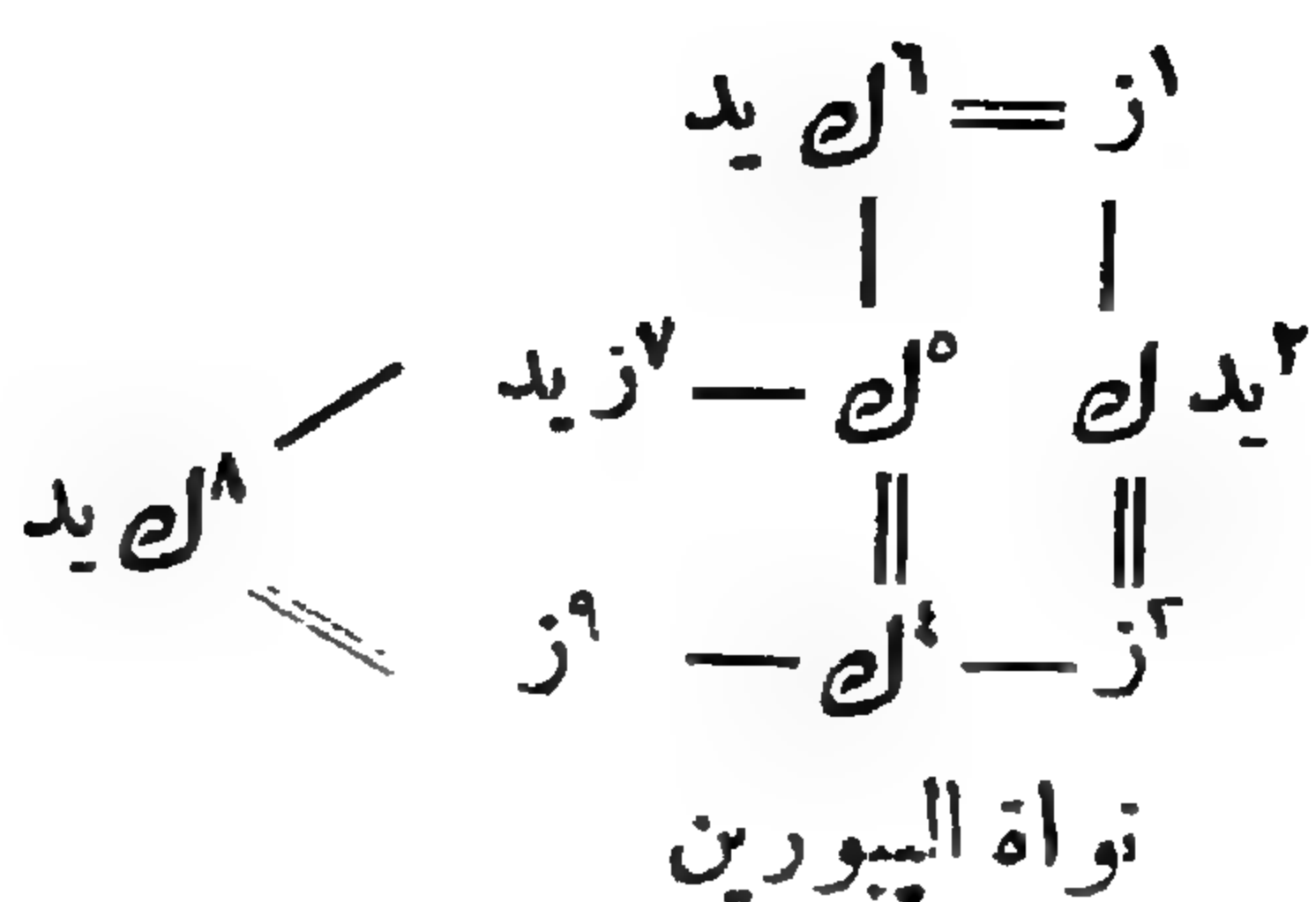
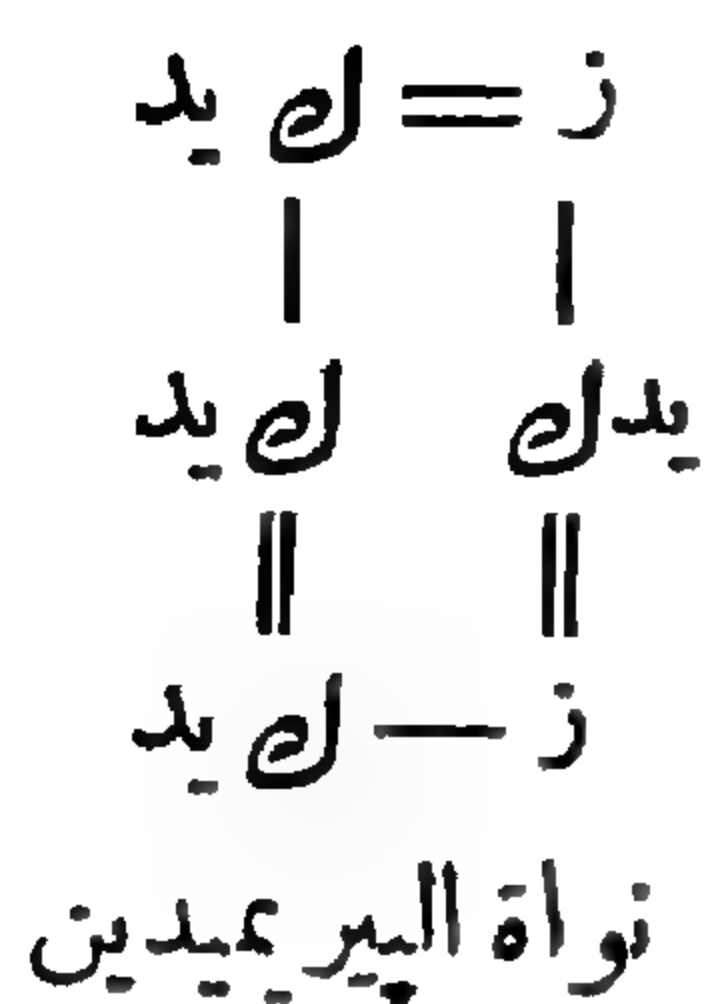
التمثيل الغذائي للبروتين النووي

(Nucleoprotein Metabolism)

البروتين النووي عبارة عن ملح عضوي مركب من اتحاد بروتين قاعدي، مثل بروتامين أو هيستون (ص ٤٧)، مع الحامض النووي. ويختلف البروتين الذي يدخل في تركيب البروتين النووي من نسيج إلى آخر؛ ولكن هناك نوعان فقط من الحامض النووي: أحدهما يوجد في نوايا الخلايا الحيوانية والآخر في نوايا الخلايا النباتية. وغالبا ما يطلق على الحامض النووي الحيواني لفظ الحامض النووي الثيموسي (Thymus nucleic acid) وعلى النباتي الحامض النووي الخميري (Yeast nucleic acid)؛ وذلك لأن غدة الثيموس والخيرة هما أحسن مصدرين للحصول على الحامض النووي الحيواني والنباتي على الترتيب. ويتركب الحامض النووي من أربع نيوكليوتيدات (Nucleotides) متحدة مع بعضها؛ ويحتوي كل منها على حامض فوسفوريك ومائي الكربون بنتوز وقاعدة. وتكون القاعدة في اثنتين من النيوكليوتيدات من فصيلة البورين (Purine base) وفي الاثنتين الأخريين من فصيلة البيريميدين (Pyrimidine base) ويختلف الحامض النووي الحيواني عن النباتي فيما يأتي:

أولا: البنتوز الموجود في الحامض النباتي هو ريبوز (Ribose)، في حين أن ذلك الموجود في الحامض الحيواني هو ثيمينوز (Thymineose).

ثانياً: القاعدتان من فصيلة البيريميدين في الحامض النباتي هما يوراسيل (uracil) وسيتوزين (Cytosine)؛ ولكن في الحامض الحيواني هما يوراسيل واثيمين (Thymine). وأما القاعدتان البورينيتان فهما متماثلتان في الحالتين وهما أدينين (Adenine) وجوانين (Guanine). وتبين الرموز التي في صفحة ٢١٢ تركيب هذه القواعد وطريق أكسبتها إلى الحامض البولي واللاتوين



وقد اقترحت عدة رموز لتركيب جزىء الحامض النووى من أجزائه المختلفة . ويبين الشكل الآتى اقتراح ليفين (Levene) لتركيب الحامض النباتى .
حامض فسفوريك — ريبوز — أدينين

↑
حامض فسفوريك — ريبوز — يوراسيل

↑
حامض فسفوريك — ريبوز — جوانين

↑
حامض فسفوريك — ريبوز — سيتوزين

ويلاحظ أن النيوكليوتيدات الأربعة تتحد مع بعضها باتحاد حامض الفسفوريك الموجود بها مع ريبوز النيوكليوتيد الذى يليه .

هضم البروتين النووى : يعتقد بعضهم أن الخميرة ببسين تفصل جزء من البروتين الموجود فى البروتين النووى ؛ وما تبقى يسمى نيوكلين (nuclein) ؛ ثم تفصل الخميرة ترابين الجزء الباقى من البروتين تاركة الحامض النووى . وربما كان انفصال البروتين عن الحامض النووى ناتجا عن عمل حامض الكلوردريك الموجود بالمعدة . ويجرى هضم البروتين المنفصل كأى بروتين آخر بوساطة الخماثر ببسين وترابين وأربسين الموجودة فى العصارات الهضمية . ولا تفرز المعدة ولا البنكرياس أى خميرة لتحليل الحامض النووى إلى أجزائه ؛ ولكن توجد خماثر لهذا الغرض فى عصير الأمعاء الدقيقة وفى خلايا جدرانها وخلايا أنسجة أخرى من الجسم . وهذه الخماثر هى : —

١ — نيوكليز (nuclease) : وتحلل الحامض النووى إلى أربع نيوكليوتيدات . وهذه الخميرة نوعية ، أى أنها لا تؤثر فى مركب آخر عدا الحامض النووى .

٢ — فوسفاتيز (Phosphatase) : تحلل النيوكليوتيدات وتفصل منها حامض الفوسفوريك . وما تبقى من الجزىء يسمى نيوكليوسيد

(nucleoside) ، ويحتوى على مائى الكربون بنتوز وقاعدة . وهذه الخثرة غير نوعية ، إذ لها المقدرة على تحليل مركبات أخرى تحتوى على حامض الفوسفوريك مثل فوسفات الهكسوز . وتمتص النيوكليوسيدات كما هي ، ولكن قد تطرد مجموعة الأمين من نيوكليوسيد الأدينين وقت الامتصاص

٣ — نيوكليوسيديز (nucleosidase) : وتحلل النيوكليوسيدات إلى بنتوز وقاعدة بيورينية أو بيريميدينية . وقد يجرى هذا التحويل فى جدار الأمعاء وقت الامتصاص أو فى أنسجة أخرى من الجسم .

استعمال نتائج هضم البروتين النووى بالجسم :

- ١ — تستعمل الأحماض الأمينية التى تتكون من هضم البروتين الموجود فى البروتين النووى بنفس الطرق التى ذكرت فى البروتينات الأخرى (ص ١٨٠)
- ٢ — يمتص حامض الفوسفوريك بالدم ، ويكون فوسفات تستعمل بالجسم كغيرها من فوسفات المصادر الأخرى .
- ٣ — لا يستعمل الجسم البنتوز الذى ينشأ من هضم الحامض النووى وامتصاصه . ولكنه يفرز بالبول بلا تغيير ؛ ولا يمكن اعتباره مصدرا للطاقة فى الجسم .

٤ — قد تستعمل قواعد البيريميدين فى بناء البروتين النووى اللازم لنوايا الخلايا ، ولكن وجد أنه إذا أعطيت مقادير كبيرة منها مرة واحدة للحيوان أفرزت بالبول كما هي . وأما إذا أعطيت فى جرعة صغيرة متعددة ظهر جزء كبير منها فى البول على شكل بولينا مما يدل على تكسيرها بالجسم وتحويلها إلى بولينا .

- ٥ — وأما قواعد البيورين فتتأكسد بالجسم إلى الحامض البولى (uric acid) فى الإنسان وقليل من الحيوانات الأخرى ، وإلى الألتوين فى

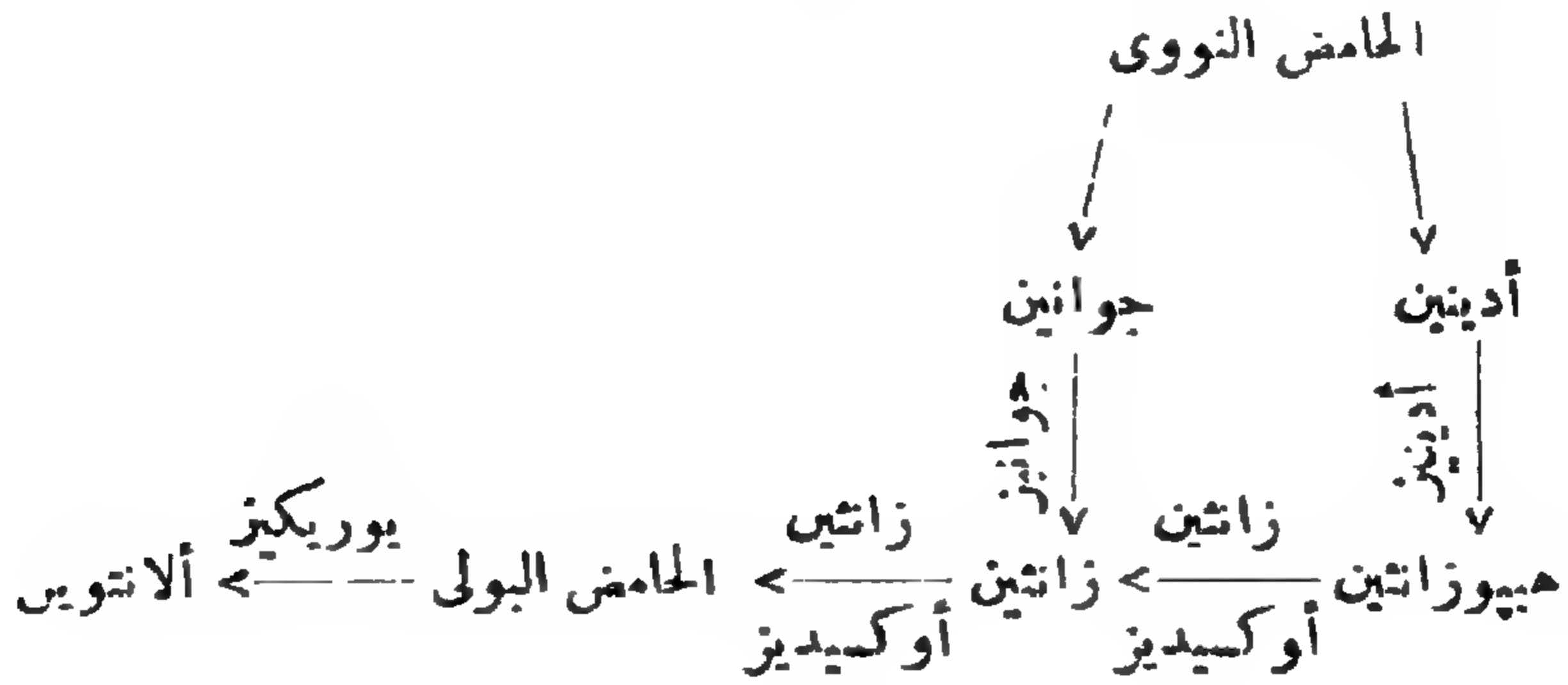
معظم الحيوانات ويجرى هذا التحويل في خطوات متتالية بوساطة خمائر نوعية توجد في أنسجة الجسم . وهذه الخمائر هي :

١ — تتحول القاعدة أدينين بوساطة الخميرة أدينيز (adenase) إلى هيپوزانثين (Hypoxanthine) ، وذلك باستبدال مجموعة الأمين المتصلة بذرة الكربون رقم ٦ بذرة من الأوكسيجين (انظر الرموز الموجودة في ص ٢١٢) .

٢ — تتحول القاعدة جوانين إلى زانثين (xanthine) ، وذلك باستبدال مجموعة الأمين المتصلة بذرة الكربون رقم ٢ بذرة من الأوكسيجين .

٣ — يتأكسد هيپوزانثين إلى زانثين ، ويتأكسد الأخير إلى الحامض البولي بوساطة الخميرة زانثين أوكسيديز .

٤ — في الحيوان يتأكسد الحامض البولي بوساطة الخميرة يوريكينز (uricase) إلى الأنتوين (allantoine) ، ويبين الرسم الآتي هذه الخطوات .



وقد أمكن فصل الخميرتين جوانين وزانثين أوكسيديز من كبد الانسان ، في حين لم يمكن تحضير الخميرة أدينيز من الكبد أو أى نسيج آدمي آخر . وقد يفسر هذا وجود القاعدة أدينين في البول الأدمي الطبيعي ، إلا أن كميتها بالبول قليلة جداً مما يدل على أن هناك طريقاً آخر لتحويلها بالجسم . وربما تحولت إلى هيپوزانثين قبل انفصالها من البنتوز كما يحدث وقت امتصاصها من الأمعاء الدقيقة . ولما كانت الخميرة جوانين موجودة في أنسجة أخرى من

جسم الإنسان بخلاف الكبد — كالكلب والرتين — يظن أن تحويل
الجوانين إلى زائتين يحصل في أنسجة كثيرة من الجسم ، في حين أن أكسدة
القاعدة زائتين إلى الحامض البولي لا تحصل إلا في الكبد فقط . ولا توجد
هذه الخناثر كلها في جميع الثدييات . فمثلاً تنقص أنسجة جسم الخنزير خميرة
الجوانين ، ولذلك كثيراً ما توجد في عضلات الخنزير رواسب من القاعدة
جوانين ، ويسمى ذلك بمرض الجوانين النقرسى .
وتوجد الخميرة يوريكيز في كبد كل الثدييات تقريباً عدا الإنسان
والقردة وبعض فصائل الكلاب (Dalmation Dog)

تكوين قواعد البيورين في الجسم

لا يعتمد الجسم على ما يأخذه من قواعد البيورين في الطعام لتكوين
البروتين النووي اللازم لنوايا الخلايا . فهناك أدلة عديدة على أنه في إمكان
أنسجة الجسم أن تصنع الحامض النووي ، ومن هذه الأدلة ما يأتي :
أولاً : لا يحتوي بيض الدجاج الطازج على قواعد بيورينية ، ولكن
بتحضين البيض يتكون الجنين بخلاياه الكثيرة المحتوية على كميات كبيرة من
قواعد البيورين .

ثانياً : عند ما يسبح السلمون (Salmon) (وهو نوع من السمك) من
بحر الشمال إلى نهر الرين للتفريخ يكون في حالة صيام تامة ، ومع ذلك فهو
يكون أعضائه التناسلية بما تحتويه من نوايا كثيرة في الحيوانات المنوية
والبويضات ، ويكون تكوين الأعضاء التناسلية على حساب العضلات التي
قد تفقد ٥٥ ٪ من وزنها .

ثالثاً : عملت تجارب شتى باعطاء حيوانات نامية طعاماً خالياً من قواعد
البيورين ، مثل اللبن والبيض والخبز والبطاطس والدهن والسكر . وقد وجد
أن قواعد البيورين ليست أساسية لبناء الأنسجة أو الخلايا في حالة النمو .

ويلاحظ أنه في الأطفال الرضع تكثر كميات الحامض النووي بالجسم مع نمو الطفل ، مع أن اللبن لا يحتوى على قواعد البيورين .

رابعاً : أعطيت امرأة صحيحة الجسم طعاماً به قليل جداً من قواعد البيورين مدة ٥٠ يوماً ، فزاد وزنها وقت التجربة أربعة كيلو جرامات ، مما يثبت أنه لم يكن هناك إتلافاً للأنسجة — ومع ذلك فقد أفرزت بالبول في مدة التجربة كميات من الحامض البولي تفوق كثيراً تلك التي كانت بالطعام .

ثبتت هذه التجارب أن قواعد البيورين يمكن صنعها بالجسم ؛ ولكن المادة التي تستعمل في بنائها غير معروفة تماماً ، ويظن أن بعض الأحماض الأمينية — مثل هيستدين وأرجينين — يستعملان في ذلك ، فقد وجد أن كمية الهيستدين في البيض عند التفريخ تنقص في حين تزيد كميات قواعد البيورين الموجودة .

الحامض البولي (Uric Acid)

يفرز الحامض البولي بالبول نتيجة لأكسدة قواعد البيورين في الإنسان والقردة العالية والطيور والزواحف ؛ ويكون الحامض البولي في الطيور والزواحف النواتج النهائية للتمثيل الغذائي للبروتين أيضاً ، فضلاً عن قواعد البيورين . ففي الطيور والزواحف يوجد من ٦٠ — ٧٠ ٪ من أزوت البول على شكل الحامض البولي ؛ ويظن أنه يتكون في كبد هذه الحيوانات باتحاد اليوينا (urea) مع حامض اللبنيك .

وللحامض البولي في بول الإنسان مصدران : فبعضه ينتج من أكسدة قواعد البيورين التي تؤخذ مع الطعام (exogenous) ، وبعضه ينتج من تكسير نوايا الخلايا التي بالجسم أو يصنع بالجسم (endogenous) وتوجد قواعد البيورين بالطعام إما على شكل بروتين نووي في نوايا

الخلايا الحيوانية والنباتية ؛ وإما مطلقة أو على شكل نيوكليوتيدات .
فيحتوى اللحم (العضلات) على القواعد زاثين وهيبوزاثين ونيوكليوتيد
الأدينين وغيرها . وتوجد قواعد البورين أيضاً فى القهوة والشاي والكاكاو
ف مادة الكافين (Caffeine) الموجودة بالقهوة ، ومادة الثيوفيلين
(Theophylline) الموجودة بالشاي ، ومادة الثيوبرومين (Theobromine)
الموجودة فى الكاكاو — عبارة عن قواعد يورينية متحدة مع مجموعات
الميثيل ، وتتحول المادتان كافين وتيوفلين فى الجسم إلى الحامض البولى .
وأما مادة ثيوبرومين فلا تتحول بالجسم إلى الحامض البولى بل تفرز فى البول
كما هى .

ويصنع الحامض البولى فى الطيور فى الكبد ؛ وأما فى الكلاب فقد يصنع
فى أنسجة أخرى غير الكبد إذ أنه بعد استئصال الكبد من الكلاب تزيد
كمية الحامض البولى فى الدم . وأما فى الإنسان فلا يصنع الحامض البولى
إلا فى الكبد ، إذ أنها النسيج الوحيد الذى يحتوى على الخثرة زاثين أو أكسيد
(xanthine oxidase) .

وقد قام فولين (Folin) بتجارب أثبتت أن جسم الإنسان يكسر من
٣٠ — ٧٠ ٪ من الحامض البولى الذى يتكون به ، ويظهر الباقي فى البول .
ويظهر الحامض البولى فى البول على شكل يوريات الصوديوم والبوتاسيوم
والنوشادر ، كما يظهر كحامض بولى مطلق . وكميات الحامض البولى التى
تفرز فى اليوم هى من ٥ر٠ إلى جرام واحد ، نصفه تقريباً متكون داخل
الجسم والنصف الآخر متكون من أكسدة قواعد البورين الموجودة بالطعام
وتزداد كمية الحامض البولى التى تفرز بالبول إذا احتوى الطعام على كميات
كبيرة من البروتين (الخالية من قواعد البورين مثل اللبن والبيض) ومائيات
الكربون فى حين أنه إذا كان الطعام غنياً بالدهن قل إفراز الحامض البولى
بالبول وزادت كميته بالدم .

مرض النقرس (Gout)

يحتوى دم الانسان على نحو ٣ ملليجرامات من الحامض البولى فى كل ١٠٠ سم^٣ ؛ وتزداد هذه النسبة فى الدم فى مرض النقرس إلى نحو تسعة ملليجرامات فى حين تنقص الكمية التى تفرز بالبولى ؛ ويكون المرض مصحوباً بترسيب يوريات الصوديوم الأحادية (monosodium urate) فى غضاريف المفاصل ، وخصوصاً مفاصل الإصبع الكبير للقدم . ويصحب هذا المرض التهابات مفصلية حادة تبقى مدة ثم تختفى ثم تعود مرة أخرى . ولا يعرف بالضبط سبب هذا المرض (١) ؛ فليس معروفاً إن كان ناتجاً من زيادة فى تكوين قواعد البيورين فى الجسم أو من قلة إفرازها بواسطة الكلى فى البولى . كما أنه ليس معروفاً سبب ترسيب يوريات الصوديوم فى المفاصل فى هذا المرض ، وخصوصاً أنه فى أمراض أخرى ، مثل اللوكيميا (Leukaemia) ، تزداد نسبة الحامض البولى فى الدم إلى ٢٧ أو ٣٠ ملليجرام فى كل ١٠٠ سم^٣ . ولكن لا يترسب الحامض البولى فى المفاصل . ويقل إفراز الحامض البولى فى البولى قبل النكسة فى المرض مباشرة ، ويزداد وقتها . وقد تكون كمية الإفراز الطبيعية بين النكسات . وفى علاج هذا المرض يلاحظ إعطاء طعام خال من قواعد البيورين بقدر الإمكان ، وبه قليل من البروتين ومائيات الكربون ؛ وقيمتة الحرارية قليلة وكذا يدعو إعطاء سالييلات الصوديوم (sodium salicylate) وأتوفان (atophan) إلى زيادة إفراز الحامض البولى بالبولى وتقليل كميته فى الدم .

(١) يدعى بندكت (Benedict) أن هناك نوعين من الحامض البولى فى دم الثور والحيوانات الأخرى والأنسان فقد وجد أن الدم الذى يسحب مباشرة من الحيوان يحتوى على ٥٠ من المليجرام من حامض بولى فى كل ١٠٠ سم^٣ ؛ ولكن هذه الكمية تزداد كثيراً بالغليان مع حامض الكلوردرىك . وذلك نتيجة لتكسير مركب مكون من الحامض البولى والبنروز ريبوز ، يوجد معظمه فى كرات الدم الحمراء ؛ ويظن أن هناك خيرة تحدث هذا التكسير . وقد يحدث تكسير هذا المركب فى الكلى عند الامراز ، وربما كان السبب فى مرض النقرس هو فقد الكلى لهذه الوظيفة مع بقاء وظائفها الأخرى طبيعية .

الباب التاسع عشر

التمثيل الغذائي لمائيات السكر بون

امتصاص مائيات الكربوه : رأينا فيما سبق أن النشاء. ومائيات الكربون الأخرى تتحلل بوساطة الخمائر الهضمية إلى أحاديات السكر — جلوكوز وفركتوز وجالاكتوز — وتمتص هذه السكريات ، معظمها إن لم يكن كلها ، من الأمعاء الدقيقة . ويمكن للأمعاء الغليظة أن تمتص الجلوكوز ولكن في الأحوال الطبيعية لا يصلها شيء منه ، إذ يمتص كله تقريباً من الأمعاء الدقيقة (ص ١١٣) . وتمتص هذه السكريات عن طريق الشعريات الدموية إلى الوريد البابي . ولا يمتص شيء منها عن طريق الأوعية اللمنية إلى القناة اللمفاوية الصدرية ؛ إذ أن اللف الذي يؤخذ من هذه القناة وقت الامتصاص لا يحتوى على نسبة من السكر أكثر من تلك التي توجد في الدم الشرياني ، في حين أن نسبة السكر في دم الوريد البابي تزداد كثيراً .

ولا يمتص النشاء أو أى نوع آخر من مائيات الكربون عديدة السكر أو ثنائيات السكر مباشرة إلى الدم ، قبل أن تهضم مبدئياً إلى أحاديات السكر . ولو حقن سكر القصب أو سكر اللبن مباشرة في الدم لا يمكن للجسم أن يستعملهما بل يخرجان بالبول كمياً . وأما ثنائى السكر مالتوز فيستعمله الجسم إذا حقن بالدم مباشرة إذ يحتوى الدم وبقية أنسجة الجسم على الخميرة مالتيز التي تحلله إلى الجلوكوز .

وتتوقف سرعة امتصاص مائيات الكربون على عدة عوامل منها

ما يأتى :

١ — تمتص أحاديّات التسكر بسرعة عن ثنائيات أو عديدات التسكر .
وذلك لأن عملية الهضم تحتاج إلى وقت ولا يمكن لثنائيات أو عديدات
التسكر أن تمتص قبل هضمها . وقد وجد أنه يمكن للشخص أن يتعاطى
٣٢٠ جراماً من سكر القصب بدون أن تسبب هذه الكمية الكبيرة ظهور
الجلوكوز بالبول . في حين أنه لو تعاطى الشخص ما يزيد قليلاً عن ١٠٠ جرام
من الجلوكوز أدى ذلك إلى ظهور الجلوكوز بالبول .

٢ — عند مقارنة سرعة امتصاص أحاديّات التسكر مع بعضها وجد
كوري (Cori) أن الجالاكتوز أسرع امتصاصاً ثم يليه الجلوكوز فالفركتوز
فالمانوز . ولا يتوقف الفرق بين سرعة امتصاص أحاديّات التسكر على فرق
في قوة انتشارها (diffusibility) . ويؤخذ ذلك دليل على أن الامتصاص
عملية حيوية تقوم بها الخلايا الطلائية للخنازل . (ص ١١٤) .

٣ — إذا وجدت مواد أخرى في الأمعاء الدقيقة — كالأحماض
الأمينية — قللت من سرعة امتصاص الهكسوزات .

٤ — تزداد سرعة امتصاص الجلوكوز كثيراً من الأمعاء الدقيقة إذا
أضيفت الفوسفات إلى محلول الجلوكوز . وهناك أدلة عديدة على أن
الجلوكوز — وربما الهكسوزات الأخرى تمتص من الأمعاء متحدة مع
حامض الفوسفوريك على شكل فوسفات الهكسوز . فمثلاً تزداد كمية
الفوسفات في السيرم وقت امتصاص الجلوكوز . وكذلك وجد أنه إذا سممت
خميرة الفوسفاتيز الموجودة بجدار الأمعاء بوساطة المادة فلوريدزين
(Phloridzin) قل امتصاص الجلوكوز من الأمعاء .

ويجب اعتبار هذه العوامل التي تؤثر على سرعة الامتصاص عند أي
استنتاج لا كلة السكر الاختبارية (glucose test meal) . (ص ٢٣٧)

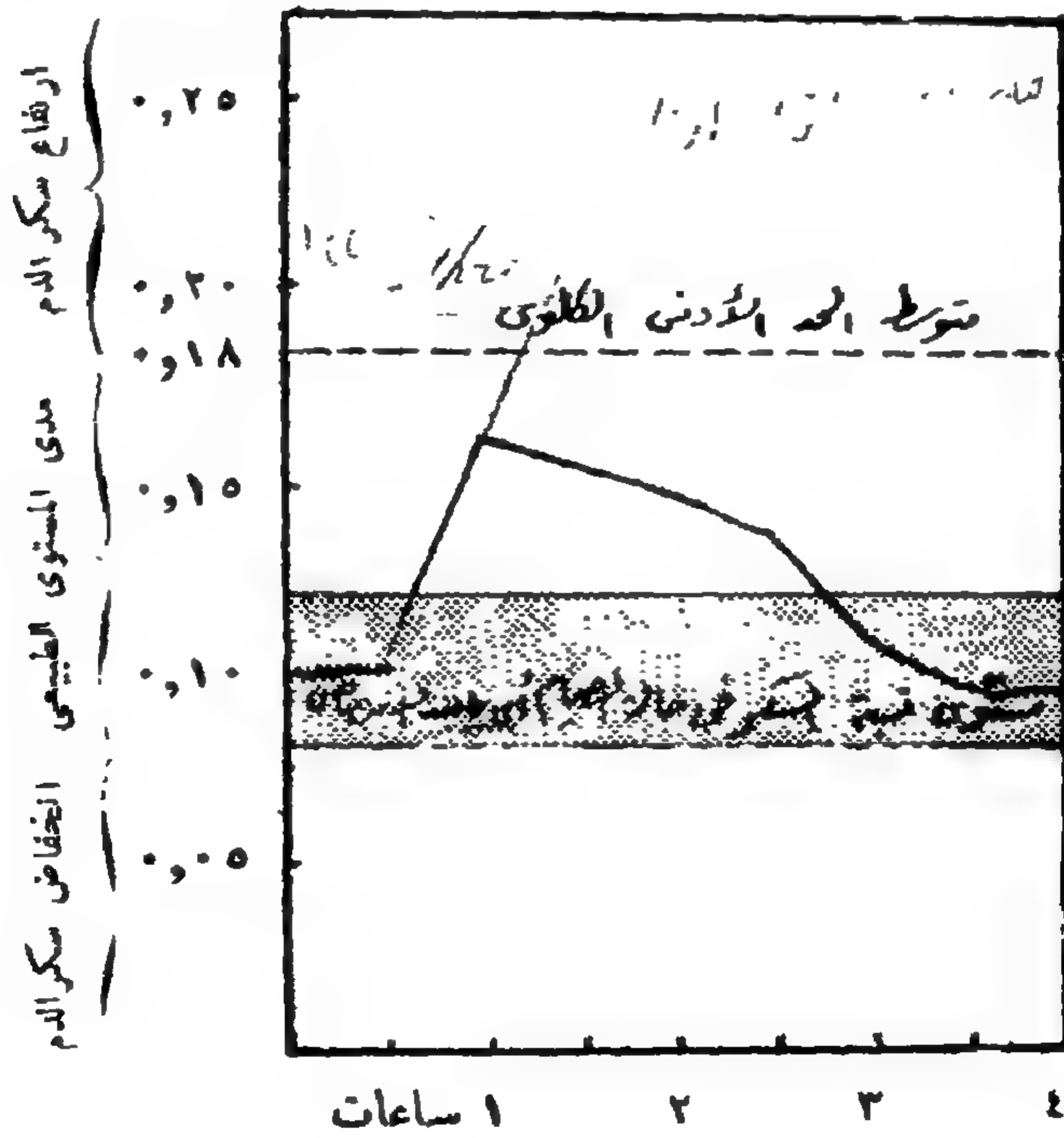
سكر الدم : يوجد بالدم من ٠,٠٨ إلى ٠,١٨ (١) من الجرام من السكر بكل ١٠٠ سم^٣ ونوع سكر الدم هو الجلوكوز . ولكن ليس معروفاً للآن إن كان بالدم شيء من الهكسوزات الأخرى . وإذا زادت نسبة السكر في الدم عن ٠,١٨ من الجرام في كل ١٠٠ سم^٣ خرج السكر بالبول وهذا لا يحدث في الأحوال العادية . وتسمى هذه النسبة بالحد الأدنى السكوى (renal threshold) . وتسمى الزيادة فوق هذه النسبة « ارتفاع سكر الدم » (hyperglycaemia) وإذا قلت نسبة السكر في الدم عن ٠,٠٨ من الجرام في كل ١٠٠ سم^٣ أدى ذلك إلى أعراض شديدة قد تسبب الوفاة . وتبدأ هذه الأعراض في الإنسان عند ما تكون النسبة ٠,٧٥ من الجرام بجوع شديد وشعور بالتعب والإعياء — الجسمى والفكرى — وإفراز كثير للعرق واضطراب في الجهاز العصبي الذي ينظم قطر الأوعية الدموية (vasomotor disturbances) مما يؤدي إلى احمرار الجلد أو بهتانه . وعند ما تقل النسبة أكثر من ذلك يضطرب العقل ثم يصاب الشخص بالغيوبة . وتسمى قلة السكر في الدم عن ٠,٠٨ من الجرام « انخفاض سكر الدم » (hypoglycaemia) . وتدل هذه الأعراض على أنه يجب أن تكون نسبة السكر في الدم فوق نسبة معينة كي يقوم الجهاز العصبي بوظيفته .

وتأخذ أنسجة الجسم السكر من الدم باستمرار لاستعماله ، ومع ذلك لا يحدث في الأحوال العادية أى انخفاض في سكر الدم ، مع أن كل الدم الموجود بالجسم لا يحتوى إلا على خمسة جرامات من السكر تقريباً يستهلكها الجسم في حوالى ربع ساعة . وكذلك لا يحدث ارتفاع في

(١) تعتمد معظم الطرق لتقدير كمية سكر الدم على قدرة الدم الكلية للاختزال (total reducing power) . إذ كان يظن مبدئياً أنه ليس في الدم مواد أخرى لها قدرة اختزال غير السكر ولكن ظهر حديثاً أن هناك في الدم مثل هذه المواد (الجلوتاثيون والثيونين) . ولذلك فإن الأرقام التى تعطى لنسبة السكر في الدم أعلى من الحقيقة . ولكن لحسن الحظ كانت كمية هذه المواد الأخرى ثابتة في الدم ولا تتغير مما يبقى الاستنتاجات التى اكتشفت بهذه الطرق صحيحة .

سكر الدم يؤدي إلى ظهور سكر بالبول بعد أكلة عادية من مائيات الكربون ، مع أن كميات كبيرة من السكر تمتص إلى الدم .

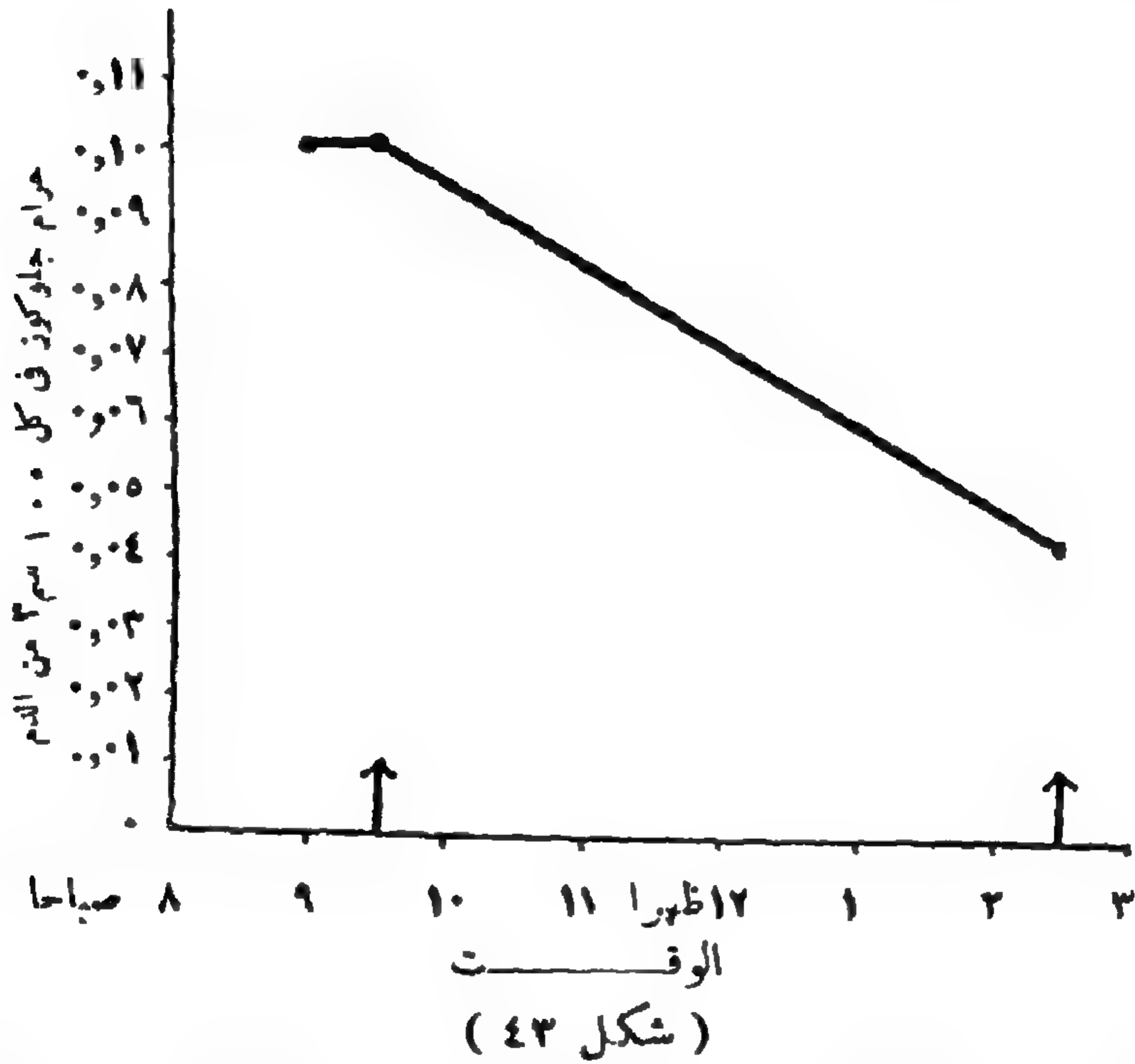
ويبين شكل (٤٢) التغير الذي يحدث في نسبة السكر في الدم بعد أكلة عادية مكونة من مواد الطعام الثلاث . وما يجدر ملاحظته في هذا الشكل أن نسبة السكر لا ترتفع فوق ٠,١٨ من الجرام — وهو الحد الأدنى الكاوي لظهور السكر بالبول (Renal threshold) — وعلى ذلك يبقى البول خالياً من السكر ، وأن نسبة السكر بالدم تنخفض ثانية إلى مستواها قبل الأكل في ظرف ثلاث ساعات . وتنظم نسبة السكر في الدم عدة عوامل توازن بين ما يرد من السكر إلى الدم وبين ما تستعمله الأنسجة من سكر الدم .



(شكل ٤٢)

مصادر سكر الدم : (Origin of blood sugar) : يشق سكر الدم مباشرة من مصدرين وهما مائيات كربون الطعام وجليكوجين الكبد ؛ أي النشاء الحيواني المخزون بها . وفي حالة الصيام يكون جليكوجين الكبد المصدر المباشر الوحيد لسكر الدم . فإذا صام الشخص فإن كمية السكر بالدم لا تقل عن ٠,٠٨ من الجرام في كل ١٠٠ سم^٣ إذ يتحول الجليكوجين

الموجود بالكبد إلى جلو كوز . وذلك بواسطة الخيرة جليكوجينيز الموجودة بالكبد . وحتى في حالة الصيام المستمر تقدم الكبد إلى الدم الجلو كوز باستمرار مع أن ما بها من الجليكوجين المخزون ينفذ سريعاً . وذلك لأن الكبد تستطيع أن تصنع الجلو كوز من مواد أخرى غير مائيات الكربون . وما يدل على أهمية الكبد في تنظيم نسبة السكر بالدم أنه لو استؤصلت الكبد من حيوان مات الحيوان سريعاً من انخفاض سكر الدم (شكل ٤٣) . وقد أمكن بقاء الحيوان لمدة ٢٦ ساعة بعد استئصال الكبد منه وذلك بواسطة حقنه بالجلو كوز باستمرار .



متوسط النقص في سكر الدم في ١٣ حالة من حالات استئصال الكبد . وبين السهم الأول وقت استئصال الكبد والسهم الثاني أن الحيوان قد أصبح في حالة النزح (مان ومجاث)

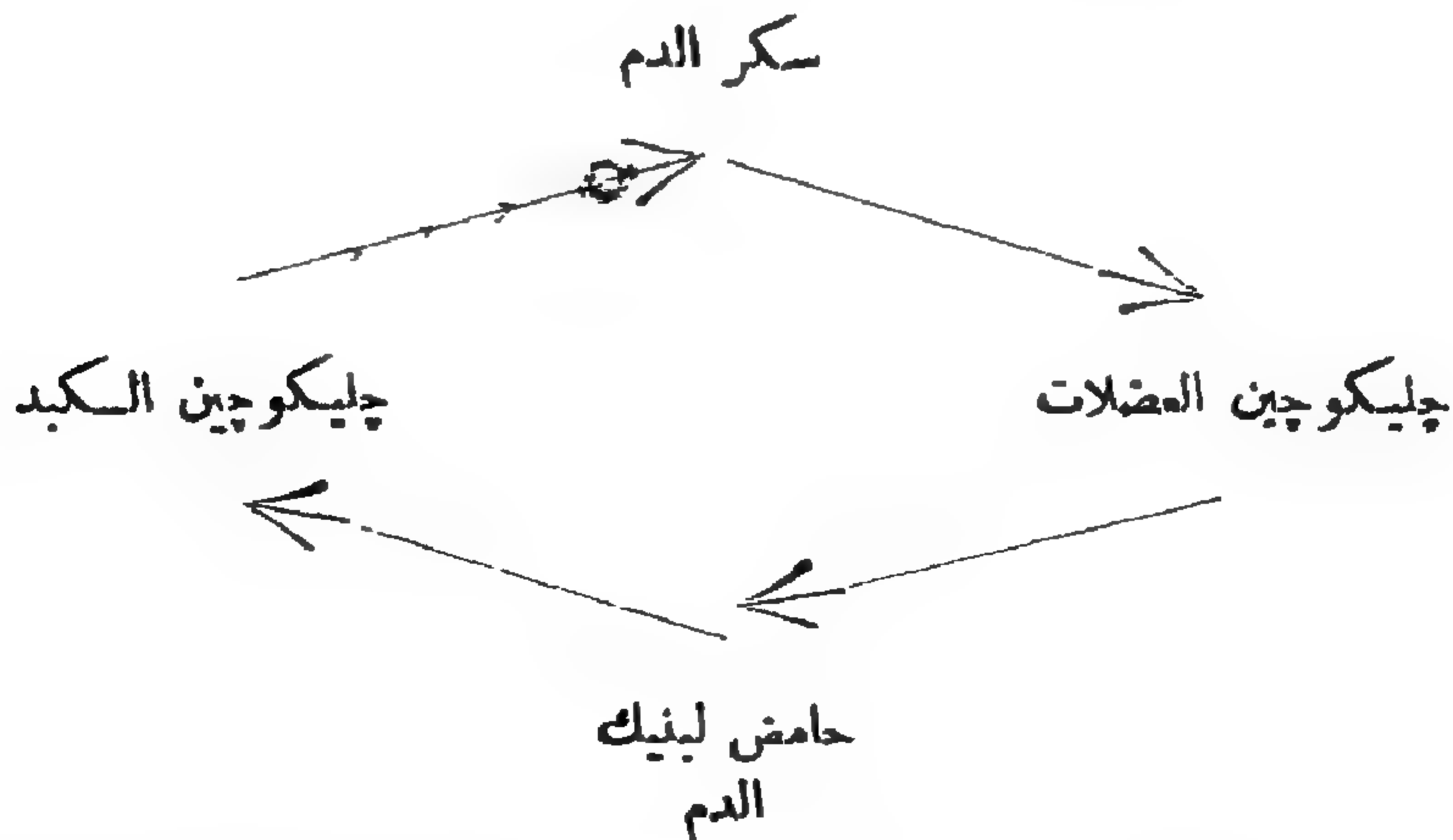
ومصادر جليكوجين الكبد — أي مصادر سكر الدم — هي :

① — كل أحاديّات السكر التي تنتج من هضم الطعام وتحتوى على ست ذرات من الكربون — وهى الجلو كوز والفركتوز والجالالاكتوز . وتستطيع الكبد أيضاً أن تخزن الجليكوجين من المانوز ولكن هذا الهكسوز نادر الوجود في غذائنا . ومن المعتقد به أن الكبد تحول هذه الهكسوزات

بعد امتصاصها إلى جلوكوز . وذلك لأن الجلوكوز هو أقوى هــ هذه الهكسوزات في شفاء أعراض انخفاض السكر بالدم في الحيوان ألابكبدى (٢) — ٥٨ ٪ من الكربون الموجود بجزء البروتين (ص ١٩٨) . ومن المعتقد به أيضاً أن الكبد هو مكان تحويل الأحماض الأمينية إلى جلوكوز . وذلك لأنه لوحقن الحمض الأميني — جليسين مثلاً — في الحيوان الألابكبدى لا يشفى أعراض انخفاض السكر ؛ مع أن الجليسين من الأحماض الأمينية التي تتحول في الحيوان العادى إلى جلوكوز .

(٣) — الجليسرين الموجود بجزء الدهن ، ويكون ١٠ ٪ تقريباً من الجزء . وأما الأحماض الدهنية فهناك شك في إمكان تحويلها بالجسم إلى جليكوجين أو جلوكوز من عدمه (ص ٢٧٤)

(٤) — حامض اللبنيك وحامض بيروفيك وثاني إيدروكسيد الأسيتون (dihydroxyacetone) . وهذه المواد تتكون بالعضلات كخطوات متوسطة في استعمال الجليكوجين بها . وتتر من العضلات إلى الدم وعند ما تصل إلى الكبد تتحول إلى جليكوجين ، وهذا يتحول إلى سكر الدم الذي تستعمله العضلات مرة أخرى لتكوين الجليكوجين بها ، وتسمى هذه الحلقة من التحويلات بحلقة كورى (Cori cycle) ويمكن تمثيلها بالرسم التخطيطى الآتى:



وهكذا نرى أن جليكوجين العضلات قد يتحول إلى سكر بالدم ولكن يحدث ذلك عن طريق غير مباشر .

وجليكوجين الكبد عبارة عن مخزن لمائيات الكربون بالجسم . ويمكن تمثيله بالنشاء الذى يخزن فى الخلايا النباتية . ولكن كمية الجليكوجين التى يمكن أن تخزن بالكبد محدودة . وهى حوالى ٢٠٠ جرام فى كبد الشخص البالغ الذى يتغذى غذاء جيداً . وصناعة الجليكوجين بالكبد عملية مستمرة ؛ فعند الامتصاص يصنع الجليكوجين من هكسوزات الطعام وعند الصيام يصنع من مصادر أخرى كالأحماض الأمينية . ولكن لا تزيد كمية الجليكوجين بالكبد باستمرار ، إذ أنه يصحب صناعة الجليكوجين تحليله إلى جلوكوز يمر بالدم وهى أيضاً عملية مستمرة . فقد وجد أن الدم الذى يترك الكبد فى الوريد الكبدى (Hepatic vein) يحتوى دائماً أبداً على نسبة من سكر الدم أكثر من تلك التى توجد بالوريد البابى (Portal vein) حتى فى وقت امتصاص الهكسوزات من الأمعاء الدقيقة . ولو أن الفرق يصبح ضئيلاً وقت الامتصاص . وعليه نرى أن كمية الجليكوجين التى توجد بالكبد تتوقف على عمليتين ؛ وهما عملية صناعته (glycogenesis) ^(١) وعملية تحويله إلى جلوكوز بالدم (glycogenolysis) . فإذا زادت العملية الأولى عن الثانية زادت كمية الجليكوجين بالكبد والعكس بالعكس ، وتزداد صناعة الجليكوجين فى الكبد عند ما تزيد نسبة السكر فى الدم كما يحدث عند امتصاص الهكسوزات من الأمعاء الدقيقة وقد تبلغ نسبة الجليكوجين بالكبد بعد أكلة جيدة من مائيات الكربون ١٢ ٪ أو أكثر من الوزن الكلى للكبد وتزداد عملية تحويل جليكوجين الكبد إلى سكر الدم عن عملية صناعة الجليكوجين — فيقل جليكوجين الكبد — فى الأحوال الآتية :

١ — فى كل الأحوال التى يحتاج فيها الجسم إلى صرف كميات كبيرة من الطاقة ؛ كالمجهود الرياضى الشديد أو التعرض إلى البرد . ففي هذه الأحوال

(١) تسمى صناعة الجليكوجين من الجلوكوز (glycogenesis) وأما صناعته من المصادر الأخرى — غير مائيات الكربون — كالأحماض الأمينية فتسمى (glyconeogenesis)

تكون مخازن مائيات الكربون أول مصدر يحصل منه الجسم على الطاقة اللازمة له

٢ - في الصيام - يستعمل معظم جليكوجين الكبد في اليوم الأول من الصيام ولكن حتى في حالة الصيام المستمر لا يختفي الجليكوجين من الكبد بتاتا بل تبقى بها نسبة ضئيلة منه

٣ - في كل الأحوال التي تدعو إلى إفراز الأدرينالين ، كما يحدث عند الاختناق أو قلة الأوكسيجين في الدم أو عند إتلاف قاع البطن الرابع بالنخاع المستطيل (La piqure of Claude Bernard) أو عند نقص كمية السكر في الدم ، ويفرز الأدرينالين أيضا في المجهود الرياضي الشديد وعند التعرض للبرد

٤ - عند تنبيه الأعصاب السمپاثوية التي تجهز الكبد
٥ - إذا حقن الحيوان بالهرمون المولد للبول السكري الذي يفرز بالفص الأمامي للغدة النخامية (Diabetogenic hormone) أو إذا حقن بالهرمون ثيروكسين .

٦ - إذ حقن الحيوان بمادة الفلوردين (ص ٢٣٦)
وهناك عامل واحد معروف يردع هذا التحويل وهو الهرمون إنسولين (١).

استعمال مائيات الكربون بالجسم: رأينا أن امتصاص الهكسوزات التي تتولد من هضم مائيات الكربون يسبب ارتفاعا مؤقتا في سكر الدم (شكل ٤٢) ثم تنخفض نسبة سكر الدم بعد ذلك إلى مستواها فيما قبل الامتصاص . وينتشر السكر في الدم ويوزع على جميع أنسجة الجسم فيوجد السكر في جميع

(١) إذا حقن الأنسولين بكميات كبيرة في حيوان أدى ذلك إلى انخفاض في سكر الدم ويسبب ذلك نقص جليكوجين الكبد . ويكون تأثير الأنسولين في هذه الحالة مضادا لوظيفته الطبيعية بالجسم .

أنسجة الجسم وسوائله إذ أن جدران الشعريات الدموية وأغشية خلايا الأنسجة تسمح بمروره بسهولة، فيوجد السكر في جميع أنسجة الجسم وسوائله تقريبا بنسبة وجود الماء في كل منها (١). فاذا حقن بالدم محلول مركز من الجلوكوز أدى ذلك أولا إلى ارتفاع في نسبة الجلوكوز بالدم، ثم يحدث انخفاض سريع في هذه النسبة. ففي مدة دقائق قليلة تقل كثيرا ويعقب ذلك انخفاض بطيء حتى نحصل على نسبة سكر الدم التي كانت موجودة قبل الحقن. وسبب النقص السريع المبدئي هو انتشار الجلوكوز من الشعريات الدموية إلى الأنسجة وسوائله، فيمر إلى الليمف وإلى السائل المخي الشوكي (cerebro-spinal fluid) وغيرهما. ويحدث هذا الانتشار السريع لكل أحاديات السكر حتى إذا كانت — مثل الجالاكتوز — لا يمكن أن تستعمل بالأنسجة مباشرة قبل تحويلها إلى جلوكوز بالكبد. فاذا ماقلت النسبة بالدم ثانية — وذلك لاستعمال الجالاكتوز بالكبد — مر ثانية من الأنسجة إلى الدم ليتحول إلى جلوكوز بوساطة الكبد.

ويستعمل الجلوكوز بالجسم في إحدى الطرق الآتية :

- ١ — يتحول إلى جليكوجين بالكبد والعضلات .
- ٢ — يتأكسد إلى ثاني أكسيد كربون وماء ويعطى طاقة .
- ٣ — يتحول إلى دهن يخزن بالجسم .
- ٤ — يدخل في تركيب عدة مركبات بالجسم .
- ٥ — في أحوال غير عادية يخرج بالبول .

جليكوجين الكبد : وقد تكلمنا عليه فيما سبق .

جليكوجين العضلات : تصنع العضلات ما بها من الجليكوجين من السكر الموجود بالدم . ويوجد بالعضلات مقادير مختلفة من الجليكوجين إذ تحتوي

(١) يقول فولين أن كميات كبيرة من السكر الذي يمتص تخزن مؤقتا في الجلد ، ثم تمر تدريجيا بعد ذلك لتتحول إلى جليكوجين بالكبد أو بالعضلات .

على ٠,١ إلى ١,٨ من الجرام بكل ١٠٠ جرام . ولو أن نسبة الجليكوجين بالعضلات أقل منها بالكبد إلا أنه يوجد بكل عضلات الجسم مقدار من الجليكوجين أكبر من ذلك الذى يوجد بالكبد نظراً للفرق الكبير بين الوزن الكلى لعضلات الجسم ووزن الكبد . وتحتوى عضلات جسم الشخص البالغ الذى يتغذى غذاء جيداً على ٣٥٠ جرام من الجليكوجين فى حين تحتوى الكبد على ٢٠٠ جرام فقط .

وليس جليكوجين العضلات مصدراً مباشراً لسكر الدم إذ أن جليكوجين العضلات لا يقل فى الصيام كما يقل جليكوجين الكبد . وحتى بعد المجهود الرياضى الشديد — حيث تستعمل العضلات ما بها من الجليكوجين بكثرة — نرى العضلات تستعويض نسبة الجليكوجين بها ثانية من سكر الدم على حساب جليكوجين الكبد . وقد رأينا فيما سبق أن جليكوجين العضلات قد يتحول إلى سكر بالدم عن طريق غير مباشر (حلقة كورى) .

٢ — أكسدة مائيات الكربون إلى ثانى أكسيد كربون وماء بالإنسجة : درست أكسدة مائيات الكربون دراسة عميقة بالنسيج العضلى ؛ إذ يتحول الجليكوجين إلى حامض اللبنيك ، ويعطى هذا التحويل طاقة ، ويحدث حتى فى غياب الأوكسيجين أو الدورة الدموية أى أنه لا هوائى . وهذا التحويل مصدر هام للطاقة اللاهوائية بالعضلات يمكنها من الإقباض والقيام بأعمال لمدة معينة أكثر مما تسمح به سرعة الدورة الدموية التى تمدها بالأوكسيجين . وهكذا يتمكن الجسم أن يصبح مديناً بالأوكسيجين وقت القيام بالمجهود الرياضى . فإذا ما انتهى المجهود دفع الجسم ما عليه من الدين وذلك باستعمال مقادير من الأوكسيجين وقت الشفاء من المجهود الرياضى أكثر مما يؤخذ وقت الراحة (ص ١٤٩) .

وفى وجود الأوكسيجين يتأكسد بعض من حامض اللبنيك الذى يتكون

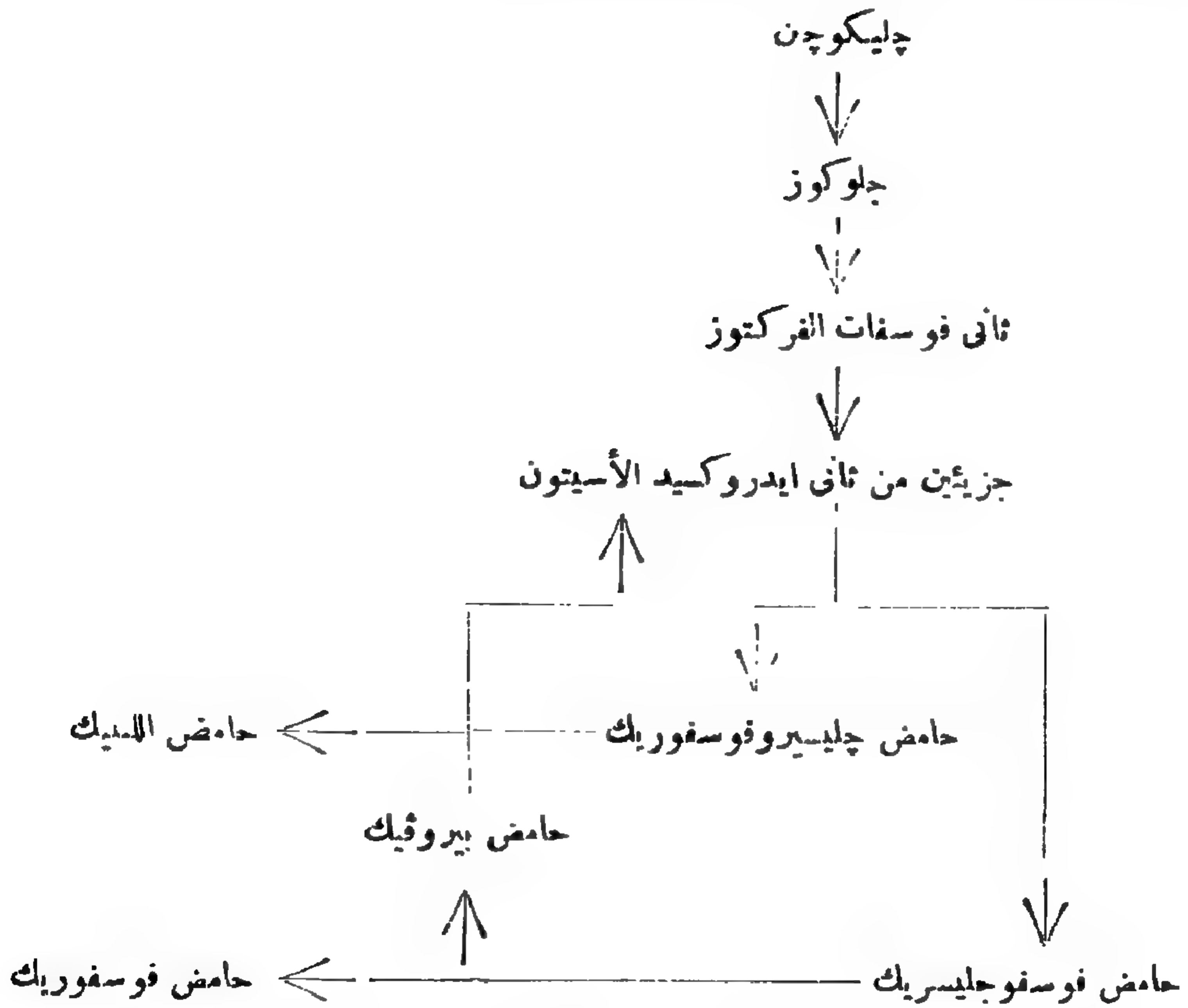
بالعضلات ، وتستعمل الطاقة الناشئة في تحويل البعض الآخر إلى جليكوجين ثانية ، وفي تحويل السكريات والفوسفات إلى فوسفاجين مرة أخرى . وتظهر بعض الطاقة بشكل حرارة مفقودة ؛ وينبه الإنسولين أكسدة حامض اللبنيك بالعضلات .

الخطوات المتوسطة في تحويل الجليكوجين إلى حامض اللبنيك : إذا وضعت الخلاصة المائية للعضلات (Water extract) على محلول من الجليكوجين أو الجلوكوز أو فوسفات الجلوكوز حولتها بسرعة إلى حامض اللبنيك . وتحتوى هذه الخلاصة على خميرة تسمى ميوزيميز (Myozymase) أى الخميرة العضلية . وهى تلتف بسرعة بالتسخين كغيرها من الخمائر وتحتوى الخلاصة أيضاً على مساعد للخميرة لا يتلف بالتسخين ويتكون المساعد من أملاح المغنسيوم وأدينيل يروفوسفات (Adenyl Pyrophosphate) . ويمكن فصل الخميرة عن مساعدها بواسطة مفرق غروى (Collodion sac) فيمر المساعد من الغشاء المفرق فى حين تبقى الخميرة به . ولا يمكن للخميرة بمفردها أو للمساعد بمفرده أن يقوموا بتحويل الجليكوجين إلى حامض اللبنيك . ويظن إمبدن ومايرهوف (Embden & Mayerhoff) . أن الخطوات المتوسطة لتحليل المائى للجليكوجين هى :

- ١ — يتحول الجليكوجين إلى جلوكوز ،
- ٢ — يتحد الجلوكوز مع جزيئين مع حامض الفوسفوريك ويتحول إلى ثانى فوسفات الفركتوز (Fructose diphosphate) .
- ٣ — يتحول ثانى فوسفات الفركتوز إلى جزيئين من ثانى إيدروكسيد الأسيتون .
- ٤ — يتحول الجزيئان من ثانى إيدروكسيد الأسيتون إلى جزيء من حامض الجليسر وفوسفوريك (Glycero-phosphoric acid) وجزيء من حامض الفوسفوجليسيريك (phosphoglyceric acid) .

٥ — يفقد حامض فوسفوجليسريك جزىء حامض الفوسفوريك الذى به ويتحول إلى حامض بيروفيك .

٦ — يتفاعل حامض بيروفيك مع حامض جليسر و فوسفوريك ويكون التفاعل جزىء حامض اللبنيك وجزىء من ثانى إيدروكسيد الأسيتون ليمر بالدورة نفسها مرة أخرى كما بالشكل الآتى :



وإذا أضيف إلى الخلاصة المائية للعضلات حامض الأيودو خليك (Iodo acetic acid) وقف التفاعل (٦) وإذا أضيف فلورور الصوديوم وقف التفاعل (٥) .

٣ — تحويل مائيات الكربون إلى دهن : يمكن تحويل مائيات الكربون إلى دهن بحجم الحيوان إذا انه من المعلوم للزارع أنه يمكن تسمين الماشية بغذاء تتكون غالبية من مائيات الكربون وهناك تجارب أخرى علمية تثبت ذلك منها ما يأتى :

١ — قام العالمان لاوس وجلبرت (Lawes & Gilbert) بالتجربة الآتية :
أحضرا خنزيرين توأمين وقدرا بالتحليل كمية الدهن الموجودة في أحدهما .
ثم أطعما الآخر غذاء من الشعير عدة أسابيع ، وعند تحليله وجدوا أنه قد
خزن بجسمه مقداراً من الدهن أكبر كثيراً مما يمكن لو أن كل البروتين
والدهن الموجودين بالطعام قد خزنا بالجسم على شكل دهن وعلى ذلك
استنتجوا أن بعضاً من هذا الدهن على الأقل صنع بالجسم من مائيات
كربون الطعام .

ب — وجد في بعض الحيوانات التي تنام شتاء أنه قبل نومها الشتوي
يكون لها معامل تنفس فوق الوحدة ويدل ذلك على تحويل مائيات الكربون
إلى دهن بالجسم (ص ١٢٥) .

٤ — صناعة عمرة مركبات بالجسم : تصنع غدد الثديين سكر اللبن من سكر
الدم . وقد يمتص سكر اللبن ثانية في الدم إذا لم يرضعه الطفل . وعند ذلك
لا يمكن للجسم أن يستعمله بل يخرج بالبول . ولسكر اللبن المقدرة على
اختزال محلول فهلنج ويمكن تمييزه من الجلوكوز بالبول لأنه يعطى أوزازون
مخصوص . ولا تؤثر فيه خميرة البيرة (yeast) .

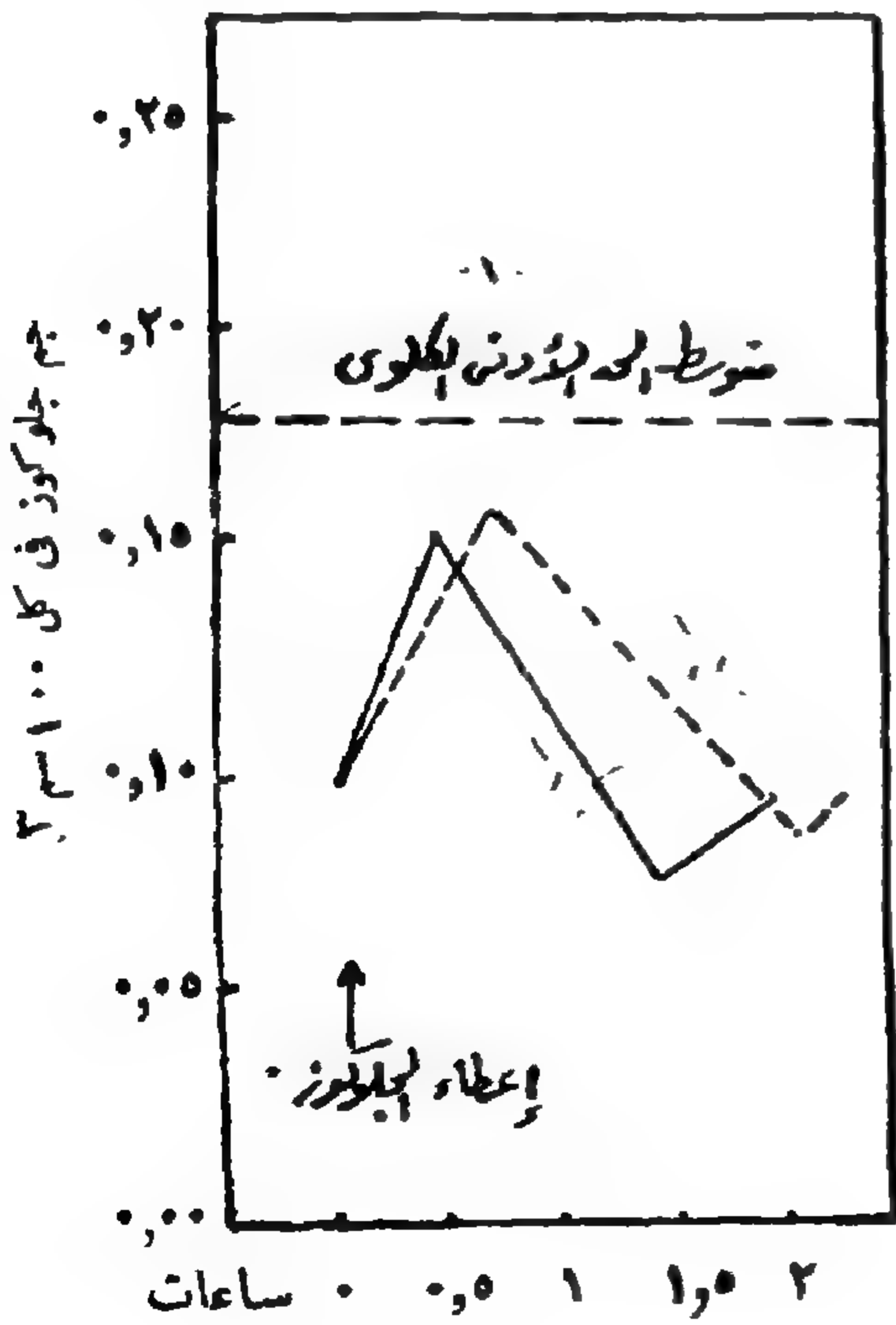
وكذلك يدخل الجلوكوز في صناعة عدة مشتقات أخرى بالجسم منها
الجالاكتوسيدات الموجودة بالنسيج العصبي ، والجاوكوزامين الذي يدخل
في تركيب الجاوكوپروتين الموجود في الإفرازات المخاطية والكوندروزامين
الذي يدخل في تركيب كوندرويتين حامض الكبريتيك الموجود بالغضاريف
وحامض جلو كورونيك الذي يتحد مع الفينول وغيره من المواد السامة
فيقل ضررها ، والپنتوزات التي تدخل في تركيب الحامض النووي
والنيوكليوتيدات الموجودة بالعضلات والأنسجة الأخرى .

٥ — افراج السكر بالبول أو الجلوكوزوريا : (Glucosuria)
الجلوكوزوريا هي ظهور الجلوكوز في البول بمقادير كافية لاختزال محلول

فهلنج . ويوجد بالبول الطبيعي آثار قليلة جداً من مواد مختزلة أثبت الاستاذ على حسن أن بينها الجلوكوز ، ولكنها في الأحوال العادية لا تكفي لاختزال محلول فهلنج . والجلوكوز هو أحد المواد التي توجد باستمرار في الدم ولكن لا تسمح الكلى بخروجه في البول إلا إذا زادت نسبته عن الحد الأدنى الكلوى وهو على المتوسط ٠,١٨ . من الجرام من السكر في كل ١٠٠ سم^٣ من الدم . وهناك سريان رئيسيان لظهور الجلوكوز بالبول وهما :

ـ (١) ارتفاع نسبة السكر في الدم فوق الحد الأدنى الكلوى .

(ب) انخفاض الحد الأدنى الكلوى عن المستوى العادى فيظهر السكر في البول دون أن يكون هناك أى ارتفاع في نسبة السكر في الدم عن المدى الطبيعي



(شكل ٤٤)

وتوجد عدة أنواع من الجلوكوزوريا تختلف عن بعضها في أسبابها وأعراضها وطرق علاجها ، ويستعمل للتفرقة بينها في الانسان . الرسم البياني لتحمل السكر بالجسم (sugar tolerance test) ، ولذلك نرى أن نبدأ بوصف هذا الرسم البياني للشخص العادى . ولإجراء هذا الرسم يعطى الشخص ٥٠ جراماً من الجلوكوز في الصباح قبل تناول طعام الفطور أو أى شيء آخر ، وتؤخذ

عينات من البول والدم لتحليل السكر بهما قبل إعطاء الجلوكوز مباشرة ، وبعد إعطاء الجلوكوز كل ربع ساعة أو نصف ساعة . وتكون نتيجة التحليل في الرجل العادى كما يأتى : —

أولاً — لا تختزل أى عينة من عينات البول — سواء قبل إعطاء الجلوكوز أو بعد إعطائه — محلول فملنج .

ثانياً — تكون نسبة الجلوكوز فى الدم قبل إعطاء الجلوكوز من ٠,٠٨ — ٠,١٢ من الجرام من الجلوكوز فى كل ١٠٠ سم^٣ من الدم ، وهى نسبة الجلوكوز فى دم الصائم .

ثالثاً — ترتفع نسبة الجلوكوز فى الدم إلى ٠,١٣ — ٠,١٨ ٪ من الجرام فى كل ١٠٠ سم^٣ بعد ثلاثين أو خمس وأربعين دقيقة من تناول الجلوكوز .
رابعاً — تنخفض النسبة ثانية إلى مستواها فى الصائم ؛ وقد تنخفض (١) تحت مستوى الصيام فى بحر ساعة ونصف أو ساعتين على أكثر تقدير من تناول الجلوكوز .

وتسمى هذه التجربة أيضاً بأكلة الجلوكوز الاختبارية (glucose test meal) ويبين شكل (٤٤) الرسم البياني لتحمل السكر بالجسم لشخصين عاديين .

أنواع الجلوكوزوريا

١ — الجلوكوزوريا الالهضمية (Alimentary glucosuria) : إذا تناول شخص كمية كبيرة من الجلوكوز مرة واحدة (أكثر من ٢٠٠ جم) فقد تزيد سرعة امتصاص السكر من الأمعاء إلى الدم عن سرعة استعماله بأنسجة الجسم ؛ وبذلك تزيد كمية السكر فى الدم فوق الحد الأدنى الكلوى ؛ وعند ذلك يظهر السكر بالبول — وليس من السهل حدوث الجلوكوزوريا الهضمية إذ أن هذه الكميات الكبيرة من الجلوكوز تحدث تهوعاً وتدعو إلى القيء .
وفضلاً عن ذلك فإن للجسم فى الأحوال العادية مقدرة كبيرة على استعمال الجلوكوز بمجرد امتصاصه إلى الدم . وإذا أخذت كميات كبيرة من مائيات

(١) فى بعض الحالات يدعو إعطاء الجلوكوز إلى إفراز كثير من الانسولين من البنكرياس ويؤدى ذلك إلى هبوط السكر بالدم تحت مستوى الصائم .

الكربون على شكل نشاء أو مايمائله فان عملية الهضم بما تحتاجه من وقت تقلل من سرعة الامتصاص وبذا لا تزيد كمية السكر في الدم فوق الحد الأدنى الكلوى .

٢ - الجلوكوزوريا السكرية (Renal glucosuria) : يكون الحد الأدنى الكلوى فى حالات غير عادية أقل من الطبيعى ، أى أن الكلى تسمح بمرور السكر بالبول مع أنه لا يوجد فى الدم بكمية أكبر من ٠,١٨ من الجرام من الجلوكوز . ويمكن تمييز هذه الحالات من مرض البول السكرى بسهولة بواسطة الرسم البيانى لتحمل السكر بالجسم . ففى هؤلاء الأشخاص تكون نسبة السكر بالدم وقت الصيام عادية . وترتفع بعد أخذ الجلوكوز إلى نسب أقل مما ترتفع به عند الرجل العادى ؛ إذ أنه فضلاً عن استعمال الجلوكوز بالجسم فإنه يفرز أيضاً بالبول ويكون انخفاض الكمية ثانية إلى مستوى الصيام سريعاً ، أى أن الرسم البيانى لتحمل السكر بالجسم فى هذه الحالات يكون منخفضاً عنه فى الحالات العادية ، ومع ذلك يظهر الجلوكوز بالبول بعد إعطائه . وهذه الحالات غير ضارة ولا تستدعى أى علاج . ولذلك يجب العناية بتشخيصها وعدم خلطها بمرض البول السكرى .

٣ - جلوكوزوريا الانفعالات النفسية (Psychic glucosuria) : فى حالات الانفعالات النفسية الشديدة — من ألم أو فرح أو حزن أو مفاجآت أو غيرها — تمر إشارات فى معظم الأعصاب السمباثوية بالجسم ؛ وتدعو الإشارات التى تمر إلى الغدة فوق الكلية إلى إفراز الأدرينالين . ويؤثر الأدرينالين فى الكبد فيؤدى إلى تحويل الجليكوجين الذى بها إلى جلوكوز يمر بالدم ، وبذا تزداد نسبة الجلوكوز بالدم فوق الحد الكلوى الأدنى . ويظهر السكر بالبول ظهوراً وقتياً . وقد وجد السكر بالبول لهذه الأسباب فى كثير من الطلبة عند تأديتهم للامتحانات الشفوية ، وعند الرياضيين قبل المباريات المهمة ، وفى الأحوال المماثلة . وكذلك يظهر السكر فى البول نتيجة

لا إفراز الأدرينالين في كثرة في حالات البنج (Anaesthesia) وفي حالات الاختناق (Asphyxia) .

وأول من كشف أن للجهاز العصبي تأثيراً في التمثيل الغذائي لمائيات الكربون وفي نسبة السكر في الدم هو كلود برنارد (Claude Bernard) — الذي وضع الأساس الأول لكل معلوماتنا عن التمثيل الغذائي لمائيات الكربون — فقد كشف أن إتلاف قاع البطن الرابع في الأرانب يؤدي إلى ظهور السكر بالبول ؛ وذلك لأن عملية الإيتلاف تنبه مراكز عصبية سمپاثوية وتؤدي إلى مرور إشارات عصبية إلى الغدة فوق الكلية وتسبب إفراز الأدرينالين . والأدرينالين يحول جليكوجين الكبد إلى سكر في الدم . وكذلك تمر إشارات عصبية في الأعصاب السمپاثوية إلى الكبد مباشرة ، وتدعو أيضاً إلى نفس النتيجة . ولا يسبب إتلاف قاع البطن الرابع الجلوكوزوريا إذا قطع العصبان الحشويان قبل عملية الإيتلاف . ويستدل على ذلك أن بقاع البطن الرابع في قنطرة فارول (Pons) مركز عصبي يؤثر على نسبة السكر في الدم . ويمكن تنبيه هذا المركز العصبي بإرسال إشارات إليه في العصب الرئوي المعدي أو في أعصاب واردة أخرى .

وهناك عدة أدلة على وجود مراكز عصبية أعلى من قنطرة فارول لها نفس العمل . فقد وجد في القطط — ولكن ليس في الأرانب — أن إتلاف المخ الأوسط (mid brain) يتبعه ارتفاع في سكر الدم وظهور السكر بالبول . وما ثبت أخيراً أن الهيبوثالامس مركز عام للجهاز العصبي السمپاثوي . وأن هذا المركز يزداد نشاطه في الانفعالات النفسية السابق ذكرها ومنه تخرج الإشارات في كل الأعصاب السمپاثوية بما فيها تلك التي تجهز الغدتين فوق الكلية والتي تجهز الكبد . وتصل هذا المركز باستمرار إشارات رادعة من القشرة السنجابية للمخ (Cerebral cortex) فتقلل هذه الإشارات من عمله وتحد من نشاطه . وعند إتلاف القشرة السنجابية للمخ يزداد عمل هذا المركز

وينتج عن ذلك أيضاً إفراز الأدرينالين وارتفاع في سكر الدم وظهور السكر بالبول .

وقد يسبب تنبيه هذه المراكز العصبية ارتفاعاً في سكر الدم ، وظهور السكر بالبول حتى في حالة الصيام حينما تكون الكبد خالية أو بها قليل جداً من الجليكوجين المخزون . ففي بعض حالات إتلاف قاع البطن الرابع في الحيوان الصائم قد تزداد كمية الجليكوجين بالكبد ولا تقل ، ويستدل على ذلك بأن إتلاف قاع البطن الرابع يؤدي إلى عاملين :

١ — تحويل جليكوجين الكبد إلى سكر في الدم .

ب — زيادة صناعة جليكوجين الكبد وسكر الدم من مصادر أخرى غير مائيات الكربون كالأحماض الأمينية .

٤ — **جلوكوزوريا الفلوردينية** (Phlorrhizin glucosuria) الفلوردين
مادة قلوية من نوع الجلوكوسيد تستخرج من جذور شجر التفاح . وإذا حقنت
بجسم الحيوان أدت إلى ظهور الجلوكوز بالبول . وليس للجلوكوز الموجود
بهذه المادة أى دخل في ظهور السكر بالبول إذ أن حقن مشتقها الخالي من
الجلوكوز — المسمى فلوريتون (Phloretone) — يسبب أيضاً ظهور السكر
بالبول . ويظهر السكر بالبول في هذه الحالة مع أن كميته في الدم تكون أقل من
الحد الكلوى الأدنى الطبيعى ، بل أقل من مستوى السكر وقت الصيام . وتمحو
هذه المادة الحد الكلوى الأدنى كلية فيظهر السكر في البول ما دام موجوداً
بأى نسبة في الدم . والسبب في ذلك أن السكر يترشح من غلاف باومان
(Bauman's capsule) ثم يمتص ثانية في الأحوال الطبيعية بوساطة
الأنابيب الكلوية (أنظر باب الكلى ، الجزء الثانى) ، وتمتص الأنابيب الكلوية
السكر على شكل فوسفات الجلوكوز . وتقوم الخميرة فوسفاتيز (Phosphatase)
بتحويل السكر إلى فوسفات الجلوكوز . ويؤثر الفلوردين على هذه

الخميرة فيمنعها من أداء وظيفتها فلا يمتص السكر إلى الدم ثانية بل يخرج بالبول .

ويفرز السكر بالبول بعد حقن الفلوردين حتى في حالة صيام الحيوان ؛ وتكون نسبة السكر $\frac{\text{glucose}}{\text{Nitrogen}}$ or $\frac{G}{N}$ or $\frac{D}{N}$ ratio) في البول في الحيوان الصائم المحقون بالفلوردين ثابتة مما يدل على أن كلا من الجلوكوز والازوت آت من مصدر واحد ؛ وهو بروتين الجسم إذ أنه المصدر الوحيد الذي يحتوي على الازوت . ويقدر لسك (Lusk) هذه النسبة بمقدار ٣,٦٥ . ويستنتج من ذلك أن ٥٨ ٪ من جزيء البروتين يمكن تحويله بالجسم إلى جلوكوز كما يأتي :

كل جرام أزوت بالبول يصحبه إخراج ٣,٦٥ من الجرام من الجلوكوز .
∴ كل ٦,٢٥ من الجرام من البروتين يصحبه إخراج ٣,٦٥ ٪ من الجرام من الجلوكوز .

∴ كل ١٠٠ جرام من البروتين يصحبه إخراج ٥٨ جراما من الجلوكوز . وباستعمال الحيوان الصائم المحقون بالفلوردين ، أمكن معرفة أى أنواع الطعام يتحول بالجسم إلى جلوكوز وأيها غير قابل لهذا التحويل . فإذا أعطى هذا الحيوان بروتينا فقط بقيت النسبة ثابتة مما يدل على أن بروتين الطعام ، كبروتين الجسم ، قابل لهذا التحويل وإذا أعطى الحيوان أحماضاً دهنية فمع أنها خالية من الازوت إلا أنها لا تؤثر بأى حال في نسبة السكر بالبول ، مما يدل على عدم تحويل الأحماض الدهنية إلى جلوكوز بالجسم . وقد سبق أن أشرنا إلى أن بعض الأحماض الأمينية يتحول إلى جلوكوز بالجسم وبعضها لا يمكن تحويله (ص ١٩٨) . وقد عرف ذلك بهذه الطريقة . ويفرز كل السكر الذي يؤخذ بالطعام بالبول حتى أن لسك يدعى أنه من الممكن تحليل كمية مائيات الكربون الموجودة في الطعام بوساطة

الحيوان الصائم المحقون بالفلوردين ، وذلك بملاحظة كمية الجلوكوز التي تزيد بالبول بعد إعطاء الطعام .

وإذا استمر حقن الحيوان بالفلوردين أصابته أعراض مماثلة لتلك التي تظهر عند استئصال البنكرياس .

٥ — **هلوكوندوريا البنكرياس (Pancreatic glucosuria)** : يحدث هذا النوع في الحيوان إذا استؤصلت غدة البنكرياس منه . ويحدث في الانسان عند مرض هذه الغدة ويسمى المرض في الانسان مرض الديابيتس أو البول السكري (Diabetis mellitus) .

للبنكرياس وظيفتان ؛ الأولى وهي إفراز العصير الهضمي بوساطة حويصلات البنكرياس وقد سبق الكلام عنها (ص ٨٤) . والثانية هي إفراز الهرمون إنسولين بوساطة جزر لانجرهانز (Islets of Langerhan's) (شكل ٢١) .

وهناك نوعان من الخلايا التي يمكن صبغها بجزر لانجرهانز وتسمى الخلايا α والخلايا β (α and β cells) . وتستعمل المحاليل الكحولية لتثبيت الخلايا الأولى للقطاعات الميكروسكوبية إذ أن الحبوب التي بها تذوب في الماء . في حين تستعمل المحاليل المائية لتثبيت الخلايا الثانية إذ أن الحبوب التي بها تذوب في الكحول . وهناك عدة أدلة على أن الخلايا (β) هي التي تفرز الإنسولين .

ويؤثر الإنسولين تأثيراً عظيماً في التمثيل الغذائي لمائيات الكربون ، وبطريق غير مباشر يؤثر على التمثيل الغذائي للبروتين والدهن أيضاً . ووظائف الإنسولين هي :

أولاً — ينبه أكسدة السكر بالأنسجة . كان لسك من أكبر مؤيدي نظرية أن جسم الحيوان المريض بالبول السكري لا يمكنه أن يؤكسد الجلوكوز بتاتا . وكانت أدلته على ذلك أنخفاض معامل التنفس وثبوت نسبة $\frac{\text{الجلوكوز}}{\text{الازوت}}$

وعدم تأثيرها بروتين الطعام وإفراز كل ما يؤكل من الجلوكوز بالبول بحيث يظهر أنه بلا فائدة للجسم. ولكن ثبتت نسبة $\frac{\text{الجلوكوز}}{\text{الازوت}}$ قد أصبح موضع خلاف كبير، وقيمة النسبة في الحيوان المريض بالبول السكري تختلف كثيراً عن تلك التي وجدها لسك في الحيوان الصائم المحقون بالفلوردين. وقد قدرت نسبة $\frac{\text{الجلوكوز}}{\text{الازوت}}$ للكبد وحدها بعد استئصالها من الحيوان وإمرار دما بها خارج الجسم (Perfusion experiments) ووجدت النسبة بين ٥ و ٧ وهذه التجارب الأخيرة تدل — إن صححت — على أن بعض الجلوكوز الذي تكونه الكبد يتأكسد بالجسم كما تدل هذه النسب الكبيرة على أن الكبد تصنع الجلوكوز من مصادر أخرى غير البروتين. وبطبيعة الحال يكون هذا المصدر هو الدهن.

وإن تحولت مقادير كبيرة من البروتين والدهن بالجسم إلى جلوكوز وجب أن يكون معامل التنفس أقل من ٧. في حالة عدم أكسدة الجلوكوز، ولكن قيمة معامل التنفس في المريض بالبول السكري هي ٧. تقريباً مما يدل أيضاً على أكسدة الجلوكوز بجسمه. وفضلاً عن ذلك فقد وجد أن أنسجة الحيوان المستأصل منه البنكرياس يمكنها أن تؤكسد الجلوكوز ولكن بدرجة أقل من الأنسجة الطبيعية. ويسبب استئصال الكبد من الحيوان نقص سكر الدم، ويحدث هذا النقص سواء كان البنكرياس موجوداً أو غير موجود. تثبت هذه التجارب، وكثير غيرها، أن الأنسجة تؤكسد الجلوكوز في غياب الإنسولين، ولكن بدرجة أقل من الأنسجة الطبيعية. فإذا حللنا الدم الشرياني والدم الوريدي لعضو من الأعضاء — كالساق مثلاً — فإننا نجد أن الفرق بين الدم الشرياني والوريدي في نسبة السكر بهما يزداد كثيراً عند إضافة الإنسولين إلى الدم الذي يمر بالعضو وفي الوقت نفسه يزيد معامل التنفس، مما يدل على زيادة أكسدة مائيات الكربون بالعضو.

ثانياً — يقلل من تحويل جليكوجين الكبد إلى جلو كوز الدم ، وبذلك يزيد كمية الجليكوجين المخزون بالكبد .

ثالثاً — يقلل من عملية تحويل البروتين إلى جلو كوز الدم .
وإذا ارتفعت كمية السكر بالدم الذى يمر بالبنكرياس أفرز البنكرياس الإنسولين . وبذلك يزيد استعمال السكر بالجسم فتتخفض نسبته بالدم إلى مستواها الطبيعى . ويثبت ذلك ما يأتى :—

١ — إذا حقن محلول مركز من الجلوكوز فى شريان البنكرياس مباشرة نقصت كمية السكر فى دم الحيوان — وذلك لإفراز الإنسولين . ويمكن الاعتراض على هذا الدليل بأن محلول الجلوكوز المركز بعد أن يمر بالبنكرياس يذهب إلى الكبد عن طريقوريد البابى ويؤثر على الكبد فيمنعها من تحويل الجليكوجين إلى جلو كوز الدم وبذا تنقص نسبة السكر فى الدم بدون أن يقوم البنكرياس بدور فى ذلك . ولكن يقدم ضد هذا الاعتراض أن تجارب مماثلة عملت على بنكرياس مزروع (transplanted) ولا يمر دمه الوريدى إلى الكبد مباشرة وقد أدت هذه التجارب إلى نفس النتيجة السابقة .

٢ — وصل وريد البنكرياس من حيوان بالوريد الودجى من حيوان آخر استوصلت منه غدة البنكرياس . ووجد أنه إذا زيدت كمية السكر بدم الحيوان الأول أفرز بنكرياسه الإنسولين الذى يمر بالدم إلى الحيوان الثانى فيقلل نسبة السكر بدمه . وأما إذا قلت كمية السكر فى الحيوان الأول ، فإن إفراز الإنسولين يمتنع منه وبذا تزيد كمية السكر فى دم الحيوان الثانى .

٣ — إذا أعطى شخص ٥٠ جراما من الجلوكوز لعمل أكلة الجلوكوز الاختبارية (شكل ٤٤) فإن نسبة السكر بالدم ترتفع مبدئياً فى النصف ساعة الأولى ثم تنخفض بعد ذلك إلى حالتها قبل إعطاء الجلوكوز أو إلى أقل من ذلك . وليس السبب فى هذا الانخفاض هو انتهاء الامتصاص من

الأمعاء الدقيقة ، إذ أن هذا الانخفاض لا يحدث في المريض بالبول السكري بل تبقى نسبة السكر بالدم عالية بضع ساعات بعد تناول الجلوكوز . وسبب الانخفاض في الحالات الطبيعية هو أن البنكرياس يتنبه بزيادة السكر في الدم فيفرز الانسولين الذى ينشط استعمال السكر بأنسجة الجسم . وبما يزيد هذا الرأى تدعيما أنه إذا أعطى نفس الشخص جرعة أخرى من الجلوكوز حينما ينخفض السكر بالدم بعد الجرعة الأولى فإن الجرعة الثانية لا تؤدي إلى ارتفاع مبدئي في سكر الدم كالجرعة الأولى . إذ أن الانسولين الذى تسبب إفرازه من الجرعة الأولى لا يزال موجوداً بالدم .

ثبتت هذه التجارب أن خلايا جزر لانجرهانز تتأثر بزيادة السكر بالدم . فتفرز الانسولين عند زيادة السكر . ويقل الإفراز عند انخفاضه . هذا وقد وجد أيضاً أن العصب الرئوى المعدى يحفز هذه الخلايا ، وأن زيادة السكر بالدم تنبه مركزه العصبى بالنخاع المستطيل ؛ ولكن يظهر أن هذا التنظيم العصبى لإفراز الانسولين قليل الأهمية . وذلك لأن غدة البنكرياس تقوم بعملها على الوجه الأكمل لتنظيم نسبة السكر بالدم حتى بعد قطع أعصاب البنكرياس أو بعد زرع البنكرياس تحت الجلد مثلاً ، ما دامت الخلايا حية

(subcutaneous grafting of the pancreas)

وإذا امتنع وصول الانسولين إلى دم الحيوان قلت مقدرة الأنسجة على أكسدة مائيات الكربون وزاد تحويل جليكوجين الكبد إلى جلوكوز الدم وزادت صناعة جلوكوز الدم من البروتين ، وترفع نسبة السكر بالدم فوق الحد الأدنى الكلى (hyperglycaemia) ويظهر السكر بالبول ، وقد وجد أن حالات مرض البول السكرى بالإنسان مصحوبة بالفساد (degeneration) في الخلايا التى تكون جزر لانجرهانز وخصوصاً الخلايا (ب) .

ويستعمل المريض بالبول السكرى غذاءه بتقدير شديد ؛ إذ أن معظم مائيات الكربون التى تؤخذ تتحول إلى سكر يفرز بالبول ولا ينتفع الجسم

منه ؛ كما أن جزءا كبيرا من البروتين يتبع نفس الطريق ، وكثير مما تبقى من جزيء البروتين لا يتأكسد بل يكون أحماضاً خلوية . وكذلك فإن الأحماض الدهنية لا تتأكسد أكسداً كاملاً إلى ثاني أكسيد كربون وماء بل يقف تأكسدها عند درجة الأجسام الخلوية ، وهي حامض هيدروكسي بيوتريك وحامض أسيتو أسيتك ؛ إذ أن لا أكسدة الأحماض الدهنية أكسدة تامة يجب أن تكون مصحوبة بالجسم بأكسدة مائيات الكربون وذلك لا يحدث بكميات كافية بجسم المريض بالبول السكرى .

وعلى ذلك نرى أن المريض بالبول السكرى له شهية عظيمة ويأكل مقادير كبيرة من الطعام ، ومع ذلك فإن وزنه ينقص .

ووجود السكر بالبول يسبب مقاومة أوزموزية (osmotic resistance) لقوة امتصاص الماء بالأنايب الكلوية من مترشح باومان (Bauman's filtrate) ولذلك يزيد حجم البول كثيراً ؛ فقد يكون ثلاثة أو أربعة لترات أو أكثر وينتج عن ذلك سرعة العطش فيتناول المريض كميات كبيرة من الماء وقد تكون نسبة الجلو كوز في البول من ٥ إلى ١٠ في المائة ، ولذلك تكون كثافته النوعية عالية — ١.٠٣٠ إلى ١.٠٤٠ .

وتتعدل الأحماض الخلوية بالدم مع بيكربونات الصوديوم فينقص احتياطي القواعد (alkali reserve) . وتلأفاً لزيادة أيونات الأيدروجين بالدم زيادة كبيرة يزداد التنفس فيقلل من ضغط ثاني أكسيد الكربون بالحوصلات الرئوية وبالدم الشرياني ؛ فتقل كميات حامض الكربونيك المطلقة بالدم ؛ وهكذا يحفظ تفاعل الدم ولا يتأثر رأسه الأيدروجيني كثيراً ويساعد على حفظ تفاعل الدم ثباتاً زيادة صناعة الأمونيا وتزداد نسبة الأمونيا في البول زيادة كبيرة . فإذا لم يعالج المريض بالبول السكرى زاد تركيز أيونات الأيدروجين بالدم زيادة كبيرة قد تؤدي إلى الوفاة . وقد

هناك نسبة لا بأس بها من المرضى الذين يعانون من البول السكرى المزمن

وجد أن الأس الايدروجيني للدم في بعض حالات الغيبوبة السكرية ينخفض إلى ٦,٩٥ (pH 6.95) وهناك حالة وجد فيها ٦,٨ .

وفضلاً عن تأثير الأحماض الخلونية في تفاعل الدم فإن لها تأثيراً ساماً إذ تسبب هوطاً في المراكز العصبية . وتدعو إلى الغيبوبة (Diabetic coma) ويكون التنفس صعباً وقد تزداد سرعته (air hunger) . ويمكن التكهن للمريض بالبول السكري باصابته بالغيبوبة السكرية قبل حدوثها بملاحظة نقص كبير في الأس الايدروجيني للدم أو في احتياطي القواعد أو في ضغط ثاني أكسيد الكربون بالحويصلات الهوائية أو في معامل التنفس أو زيادة كبيرة في إخراج الأحماض الخلونية أو الأمونيا بالبول .

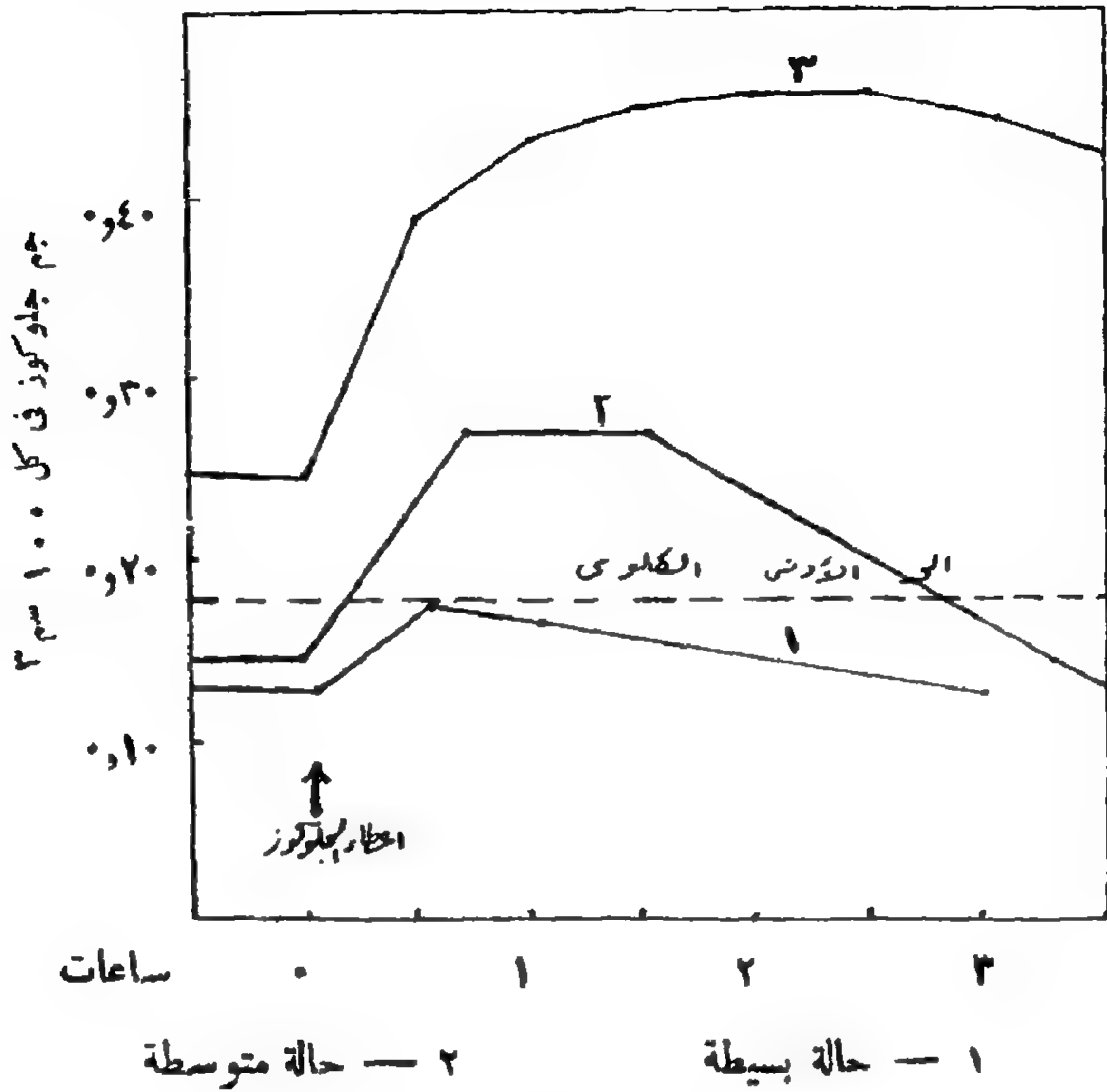
وبوساطة أكلة الجلوكوز الاختبارية وعمل الرسم البياني لقدرة تحمل الجسم للسكر يمكن معرفة شدة المرض كما يأتي :

أولاً - حالات بسيطة (شكل ٤٥ - ١) تكون كمية السكر قبل الجلوكوز أقل من الحد الأدنى الكلوي ، وكذلك لا تزيد بعد إعطاء الجلوكوز عن هذا الحد ، فلا يظهر الجلوكوز بالبول مطلقاً . ولكن الفرق بين هذه الحالات البسيطة والرسم البياني للرجل العادي أن كمية السكر في الدم لا ترجع إلى مستوى الصيام بعد أخذ الجلوكوز إلا في مدة أكثر من ساعتين أي أن مرعة استعمال الجلوكوز بالجسم أقل من الطبيعي .

ثانياً - حالات متوسطة (شكل ٤٥ - ٢) تكون كمية السكر بالدم وقت الصيام أقل من الحد الأدنى الكلوي فلا يظهر السكر بالبول وقت الصيام ، ولكن بعد تناول الجلوكوز ترتفع الكمية فوق الحد الأدنى الكلوي ، فيظهر الجلوكوز بالبول ويكون هبوط كمية السكر بالدم إلى مستوى الصيام بطيئاً ، أي في مدة تزيد عن ساعتين بعد تناول الجلوكوز .

ثالثاً - حالات متقدمة (شكل ٤٥ - ٣) تكون كمية السكر بالدم وقت الصيام أعلى من الحد الأدنى الكلوي ، وعلى ذلك يوجد السكر بالبول

باستمرار ، وترتفع كميته بعد إعطاء الجلوكوز إلى درجة عالية (٠,٤ - ٠,٥ من الجرام أو أكثر في كل مائة سنتيمتر مكعب من الدم) وتهبط كمية



٣ — حالة متقدمة

(شكل ٤٥)

الجلوكوز بالدم إلى مستوى الصيام ببطء شديد أى في مدة أربع ساعات أو أكثر ، وذلك لأن الطريقة الوحيدة الباقية لخروج السكر من الدم هي إفرازه بالبول ، إذ أنه لا يتأكد بالأنسجة ولا يتحول إلى جليكوجين .

تأثير إعطاء الانسولين للمريض بالبول السكرى : ليس للإنسولين أى فائدة إذا أعطى عن طريق الفم ، إذ أنه يتكسر بواسطة الحماض الهضمية . ويجب حقنه تحت الجلد لكي يكون له التأثير المطلوب . فإذا حقن بمقادير مناسبة ، وفي أوقات معينة ، أرجع حالة المريض في معظم الحالات إلى الحالة الطبيعية تماماً ؛ أى أنه ينقص كمية السكر بالدم ، فيختفي السكر من البول ، وتزيد مقدرة الخلايا على أكسدة السكر ، فيزيد معامل التنفس ، وتستطيع الكبد أن

تخزن الجليكوجين ، فتزيد كميته بها ، ويقل تحويل البروتين إلى جلوكوز ، وتتأكسد الأحماض الدهنية إلى درجتها النهائية ، أى إلى ثانى أكسيد كربون وماء ، فتختفى الأحماض الخلوية من الدم ، ويرتفع احتياطي القواعد وضغط ثانى أكسيد الكربون بالحويصلات الهوائية الرئوية وبالدّم الشريانى .

ولما كان الانسولين لا يبقى بالجسم طويلاً فإنه يجب استمرار الحقن مرتين على الأقل يومياً . ولما فى ذلك من صعوبة على المريض قد اكتشف حديثاً مركب من الانسولين يسمى پروتامين إنسولين (Protamine Insulin) يبقى تأثيره بالجسم لمدة أطول ، ويكفى حقنه مرة كل يوم لعلاج مرض البول السكرى .

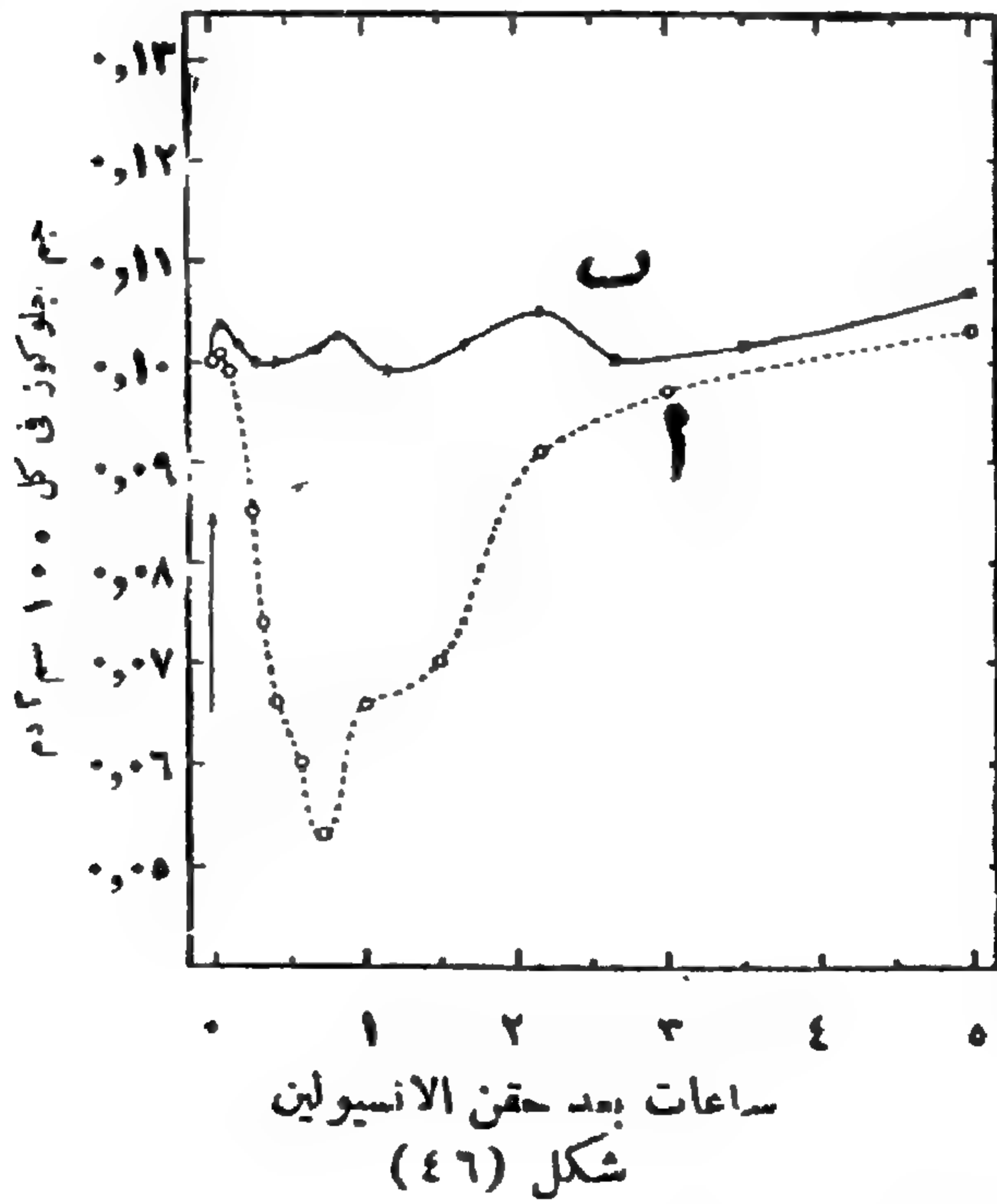
العلاقة بين الفص الأمامى للغدة النخامية والبنكرياس

وجدهوساى (Houssay) وكثير بعده من العلماء أن هناك علاقة كبيرة بين الفص الأمامى للغدة النخامية والتمثيل الغذائى لمائيات الكربون .

(١) إذا أستوصلت الغدة النخامية من حيوان استوصل منه البنكرياس قبل ذلك انخفضت نسبة السكر بالدم وقد تقل إلى مدى المستوى الطبيعى . ويقل أو يختفى السكر من البول ولا تتراكم الأحماض الخلوية فيعيش الحيوان مدة أطول . وقد يرتفع معامل التنفس بعد أكلة من مائيات الكربون . وهذا لا يحدث فى الحيوان الذى يستأصل منه البنكرياس فقط . وتكون كمية جليكوجين الكبد طبيعية ولكن قد يحدث الصيام انخفاضاً فى سكر الدم . وإذا عولج الحيوان بمستخرج الفص الأمامى للغدة النخامية ظهرت أعراض نقص الانسولين مرة أخرى .

(٢) وإذا حقن مستخرج الفص الأمامى للغدة النخامية فى حيوانات طبيعية سببت ارتفاعاً فى سكر الدم . وقت الصيام وظهر السكر بالبول وكان شكل الرسم البيانى لقدرة تحمل الجسم بالسكر ممثلاً للرسم فى حالة مرض

البول السكرى . ولا يرتفع معامل التنفس بعد أكلة من مائيات الكربون وتزيد كمية الدهن بالدم وتتراكم الأحماض الخلوية . وتشابه هذه الأعراض تماماً أعراض مرض البول السكرى . ولذلك أطلق على مستخرج الفص الأمامى للغدة النخامية الذى يسبب هذه الأعراض اسم الهرمون المولد للبول السكرى (diabetogenic hormone) . وعند حقنه تقل حساسية الجسم للانسولين . فلا يحدث الانسولين انخفاضاً فى سكر الدم إلا إذا أعطى بمقادير كبيرة جداً عن المقادير العادية (شكل ٤٦) . وتزيد حساسية الجسم للادرينالين فتحدث نفس الجرعة ارتفاعاً فى سكر الدم أكثر منها عندما تحقن بدون مستخرج الفص الأمامى للغدة النخامية (شكل ٤٧) .



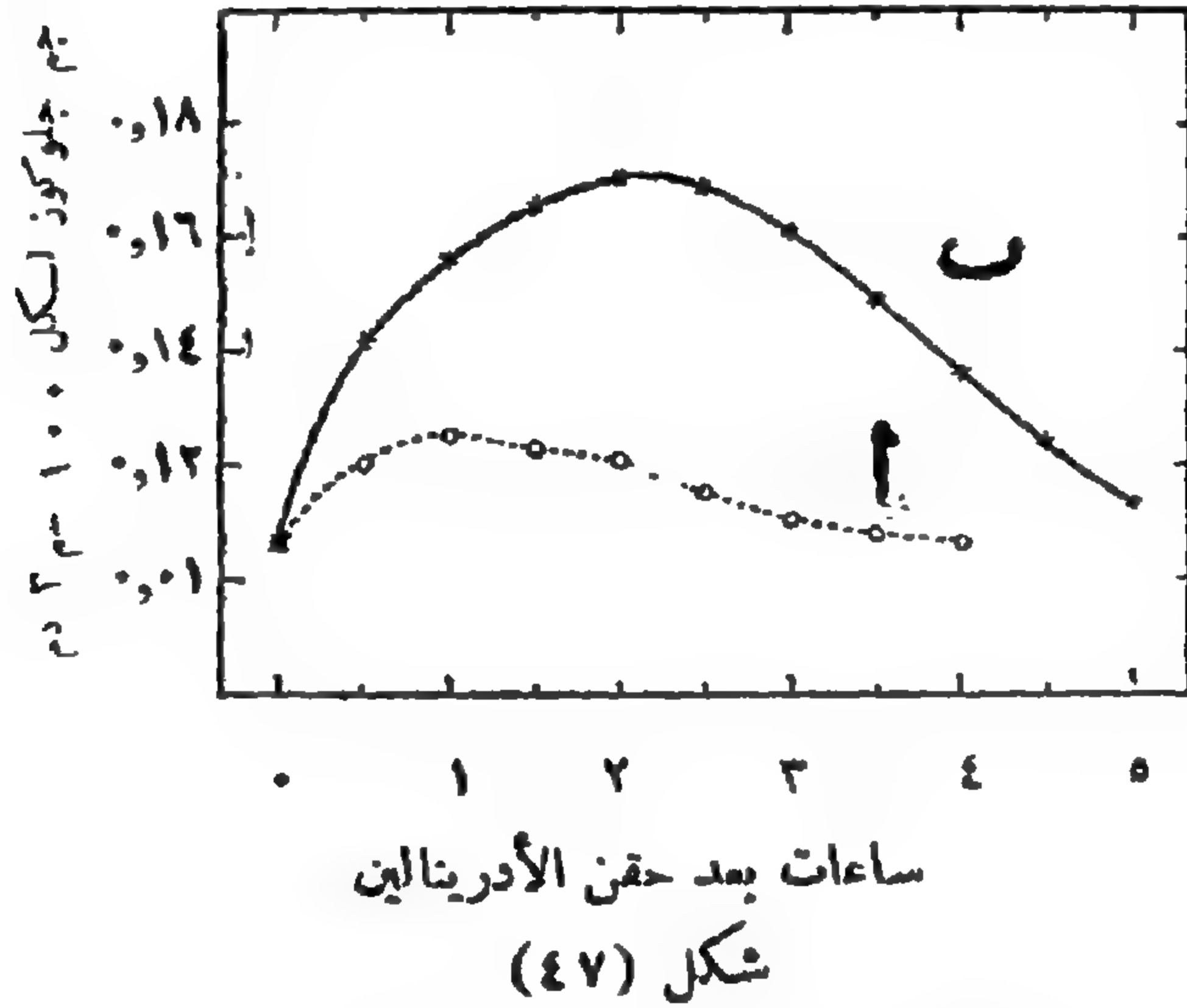
١ — حيوان عادى

ب — حيوان حقن قبل ذلك بمستخرج الفص الأمامى للغدة النخامية . (يونج)

(٣) إذا استؤصلت الغدة النخامية من حيوان طبيعى كان معامل التنفس عالياً وقت الصيام مما يدل على زيادة أكسدة مائيات الكربون . وتحدث أعراض انخفاض السكر بالدم أى أنه تحتل مقدرة الجسم على تنظيم

نسبة سكر الدم وقت الصيام . وتزيد حساسية الجسم كثيراً للانسولين وتقل الحساسية كثيراً بالأدرينالين .

قد أدت هذه التجارب إلى الاعتقاد بأن مرض البول السكري قد لا يتسبب في كل الحالات من عدم إفراز الأنسولين . وقد ينتج من زيادة إفراز الغدة النخامية . فقد تمكن يونج (Young) من الحصول على أعراض مرض البول السكري بصفة دائمة بواسطة الحقن المتكرر (لمدة مؤقتة) بخلاصة الفص الأمامي للغدة النخامية . وقد وجد أن ذلك يؤدي إلى فساد في جزر لانجرهانز بالبنكرياس . وقد يفسر ذلك أن حالات كثيرة من مرض البول



١ — حيوان عادي

ب — حيوان حقن قبل ذلك بمستخرج الفص الأمامي للغدة النخامية (يونيغ)

السكري بالإنسان لا تستفيد من العلاج بالانسولين كما هي العادة . وربما كانت هذه الحالات مسببة من زيادة عمل الفص الأمامي للغدة النخامية .

ولو أنه من المؤكد أن هذه الغدة لها أهمية كبيرة في التمثيل الغذائي لمائيات الكربون إلا أننا الآن لسنا في موقف يمكننا أن نجزم من كيفية عمل هذه الغدة . وقد يكون لها تأثير ضد تأثير الأنسولين على خط مستقيم أي أنها

١ — تقلل من أكسدة مائيات الكربون بالأنسجة .

٢ — تزيد تحويل جليكوجين الكبد إلى جلوكوز .

٣ — تنبه تحويل البروتين إلى جلو كوز .

وربما كان أكبر تأثير للهرمون المولد للبول السكرى عن طريق الكبد .
إذ أن هوساى كشف أن وجود الكبد أساسى لحدوث تأثير هذا الهرمون ؛
فلا يؤثر الهرمون إذا استؤصلت الكبد قبل حقنه . كما أن هناك رأيا بأن
هذا الهرمون يؤثر على المراكز العصبية الموجودة بجذع المخ وأنه يعمل
عن طريق الأعصاب السمباثوية إلى الكبد وإلى نخاع الغدة فوق الكلوية .
ولا يظهر تأثير هذا الهرمون إلا بعد عدة ساعات من حقنه مما يدل على
أن تأثيره غير مباشر بل هناك خطوات متوسطة تحتاج إلى ذلك الوقت .

وقد تراكت حديثاً عدة أدلة على أن بعض عمل الفص الأمامى للغدة
النخامية قد يكون عن طريق قشرة الغدة فوق الكلوية . فقد استأصل لونج
(Long) جزءاً كبيراً من البنكرياس فى الفيران أعقبه ظهور السكر بالبول
ووجد ما يأتى :

(١) إذا استؤصلت من هذه الحيوانات الغدتان فوق الكلوية أو الغدة
النخامية اختفى السكر من البول .

(٢) إذا استؤصل نخاع الغدتين فوق الكلوية فقط اختفت الجلوكوزوريا
مؤقتاً ولكنها تعود ثانية . فإذا استؤصلت قشرة الغدتين بعد ذلك اختفت
الجلوكوزوريا .

(٣) لا يؤدي حقن مستخرج الغدة النخامية فى الفيران إلى ظهور
الجلوكوزوريا ثانية بعد اختفائه نتيجة استئصال الغدتين فوق الكلوية ولكن
إذا زرعت قشرة الغدة فوق الكلوية فى هذه الحيوانات مرة أخرى ظهرت
الجلوكوزوريا .

وتثبت هذه التجارب أن الفص الأمامى للغدة النخامية قد يؤثر على
التمثيل الغذائى لمائيات الكربون عن طريق قشرة الغدة فوق الكلوية . ولكن
لا يعنى ذلك أن هذا هو الطريق الوحيد لعمل الغدة النخامية . وقد تكون

هذه التجارب خاصة بالفيران فقط إذ قد وجد في حيوانات أخرى أن الهرمون المولد للبول السكرى يعمل في غياب الغدتين فوق الكلوية كما وجد أيضاً في الكلاب أن حقن هرمون الغدة النخامية الذى يذبه الغدة فوق الكلوية (adrenotropic) لا يدعو إلى ظهور أعراض مرض البول السكرى .

نرى بما تقدم أن التمثيل الغذائى لمائيات الكربون ينظم بالجسم بوساطة عدة عوامل معقدة وبعضها إن لم يكن معظمها غير معروف تماماً وقد رأينا أن نقدم مختصراً يساعد الطالب على تتبع هذه العوامل .

مختصر لتنظيم نسبة السكر فى الدم : رأينا فيما سبق أن نسبة السكر بالدم تتراوح بين ٠.٨ و ٠.١ من الجرام فى كل ١٠٠ سم^٣ على أقل تقدير وقت الصيام ، وبين ٠.١٨ و ٠.١ من الجرام فى كل ١٠٠ سم^٣ على أكثر تقدير وقت الامتصاص . وهناك عدة عوامل تنظم كمية السكر بالدم بين هذين الحدين وتوازن بين ما تأخذه الأنسجة من سكر الدم ، وبين ما يرد إلى الدم من السكر عن طريق الكبد وعن طريق الامتصاص من الأمعاء الدقيقة . وأهم هذه العوامل ما يأتى : —

١ — المعدة : يبدأ التنظيم فى المعدة ، إذ لو تعاطى الشخص مقادير كبيرة من الجلوكوز دفعة واحدة سببت التهنوع والقيء . فضلاً عن ذلك فانه إذا كانت محتويات المعدة مركزة وضغطها الأوزموزى عالياً ، كان تفريغ محتويات المعدة إلى الاثنى عشر بطيئاً . ولا يحدث امتصاص الجلوكوز من المعدة إلا قليلاً جداً .

٢ — الأمعاء الدقيقة : وجد أن سرعة امتصاص الجلوكوز من الأمعاء الدقيقة ثابتة ولا تتوقف كثيراً على كمية الجلوكوز التى تؤخذ . وكلما زادت الكمية زاد وقت الامتصاص ، فى حين لا تتغير سرعة الامتصاص . فضلاً عن ذلك فقد وجد أن سرعة امتصاص الجلوكوز من الأمعاء الدقيقة تختلف من حيوان إلى آخر ولكنها فى كل حيوان تناظر أعظم سرعة يمكن أن يحقن بها الجلوكوز فى الوريد دون أن يسبب ظهور السكر بالبول . فمثلاً وجد أن سرعة امتصاص الجلوكوز فى الفأر (rat) تساوى ٢,٢ جم لكل كيلوجرام من وزن الجسم فى الساعة ، والسرعة فى الكلب تساوى ٠,٩ جم لكل كيلوجرام من وزن الجسم فى الساعة . وقد وجد أن أكبر كمية يمكن أن تحقن فى الوريد فى الفأر بدون ظهور سكر بالبول هى ٢,٢ جم لكل كيلوجرام

في الساعة . وأن أكبر كمية يمكن أن تحقق في الوريد في الكلب هي ٠,٩ جم لكل كيلو جرام في الساعة .

٣ — الكبد : الكبد مخزن للجليكوجين . تزيد كمية الجليكوجين بها وقت الامتصاص وتمنع سكر الدم من أن يرتفع ارتفاعاً كبيراً . وفيما بعد الامتصاص تعطى سكر إلى الدم باستمرار وتمنع انخفاض سكر الدم نتيجة استعماله بالأنسجة . وفي الصيام المستمر تحول البروتين ومصادر أخرى إلى سكر الدم . ولو استؤصلت الكبد يموت الحيوان سريعاً من انخفاض سكر الدم

٤ — البنكرياس : تفرز جزر لانجرهانز الانسولين . وينشط هذا الهرمون أكسدة مائيات الكربون وخزن الجليكوجين بالكبد والعضلات . ويردع تحويل جليكوجين الكبد وتحويل البروتين والمصادر الأخرى إلى سكر الدم . وينبه ارتفاع سكر الدم البنكرياس ليفرز الانسولين وبذا يزداد استعمال السكر بوساطة الأنسجة . ويقل ورود السكر إلى الدم من الكبد ، فتتخفض نسبة سكر الدم إلى حالتها الطبيعية وهناك عدة هرمونات تأثيرها الاجمالي ضد تأثير الانسولين ولو أن كيفية عمل كثير منها غير معروفة تماماً . وهذه الهرمونات هي . الأدرينالين والهرمون المولد للبول السكري والبتوترين والثيروكسين والكورتين .

٥ — الغدة فوق الكلية والمراكز العصبية : يفرز نخاع الغدة فوق الكلية الهرمون أدرينالين . وهو ينبه تحويل جليكوجين الكبد إلى سكر الدم وينبه تحويل جليكوجين العضلات إلى حامض اللبنيك الذي يتحول إلى سكر الدم عن طريق الكبد (حلقة كوري) . وعليه يسبب الأدرينالين ارتفاع سكر الدم . فاذا انخفض سكر الدم — نتيجة زيادة إفراز الانسولين مثلاً — تنبهت مراكز عصبية موجودة في الهيوثالامس وفي قنطرة فارول وأرسلت إشارات عن طريق الأعصاب السمباثوية إلى الغدة فوق الكلية (١) فيفرز الأدرينالين وهكذا يرتفع سكر الدم . كما وأن هذه المراكز العصبية تزيد إفراز الأدرينالين كلما كان الجسم في حاجة إلى استعمال كميات كبيرة من الوقود كحالة المجهود الرياضي والتعرض للبرد وغيرهما .

٦ — الفص الأمامي للغدة النخامية : وله عدة علاقات التنظيم سكر الدم ولكنها

(١) وإلى الكبد مباشرة فتحول الجليكوجين إلى سكر الدم .

غير واضحة للآن تماماً . فهو يفرز الهرمون المولد للبول السكرى . ويحول هذا الهرمون جليكوجين الكبد إلى سكر الدم وينشط تحويل البروتين إلى سكر الدم . وقد يقلل أكسدة مائيات الكربون بالأنسجة وبذا يقاوم عمله عمل الانسولين . وكذلك تفرز هذه الغدة هرمونات أخرى تنبه البنكرياس ليفرز الانسولين ونخاع الغدة فوق الكلية لتفرز الأدرينالين والغدة الدرقية لتفرز الثيروكسين وقشرة الغدة فوق الكلية لتفرز الكورتين .

٧ — الفص الخلفى للغدة النخامية : ويفرز البتيوترين (pituitrine) الذى يقلل من تأثير الانسولين بالجسم .

٨ — الغدة الدرقية : وتفرز الثيروكسين . وهو ينبه التمثيل الغذائى الكلى للأنسجة . ويزيد أكسدة مائيات الكربون . وينشط الثيروكسين تحويل جليكوجين الكبد إلى سكر الدم . وحالات زيادة عمل هذه الغدة مصحوبة بارتفاع فى سكر الدم وظهور السكر بالبول . وإذا استؤصلت الغدة الدرقية من حيوان كان أكثر حساسية لتأثير الانسولين . وإذا استؤصل جزء منها فى مريض بالبول السكرى قلت كليات الانسولين التى يحتاج إليها فى العلاج .

٩ — قشرة الغدة فوق الكلية : وتفرز الهرمون كورتين . وله علاقة غير واضحة بالتمثيل الغذائى لمائيات الكربون . ويصحب قلة إفرازه انخفاض فى سكر الدم .

١٠ — الكلى : إذا زادت نسبة السكر فى الدم عن الحد الأدنى الكلى خرج السكر بالبول وبذا يمتنع ارتفاع سكر الدم ارتفاعاً كبيراً .

١١ — الفيتامينات : الفيتامين ب أساسى لأكسدة حامض بيروفيك — على الأقل فى النسيج العصبى . ويظهر أيضاً أنه أساسى لتحويل مائيات الكربون إلى دهن بالجسم . والفيتامين ج يساعد عمليات أكسدة كثيرة بالجسم .

وبين الشكل التخطيطى الآتى مصادر سكر الدم وطرق استعماله وأهم العوامل التى تنظم نسبته .

الباب العشرون

التمثيل الغذائي للدهنيات

Fat Metabolism

امتصاص الدهنيات: يمتص الدهن على هيئة أحماض دهنية وجليسرين ولا يمتص — كما كان يظن أولاً — على هيئة صابون. وذلك لأنه كي تتحول الأحماض الدهنية إلى صابون يجب أن يكون تفاعل محتويات الأمعاء قاعدي حول الأس الايدروجيني ٩ (pH 9)، في حين أن تفاعل محتويات الأمعاء متعادل أو يميل قليلاً إلى الحموضة.

ويبدأ امتصاص الدهن في الاثني عشر ويستمر في باقى الأمعاء الدقيقة وحينما تصل المحتويات إلى الأمعاء الغليظة يكون ٩٥ ٪ من الدهن على الأقل قد امتص.

وتوجد عدة عوامل مهمة لامتصاص الدهن وهى:

١ — يجب أن يهضم الدهن أولاً إلى أحماض دهنية وجليسرين كي يمتص وأهم الخناثر التى تهضم الدهن هى ليبزالبنكرياس. وإذا منع عصير البنكرياس من الوصول إلى الأمعاء الدقيقة — تجريبياً أو مرضياً — خرج كثير من دهن الطعام مع البراز.

٢ — وجود أملاح الصفراء: وهذه الأملاح تساعد هضم الدهن كثيراً (ص ٨٦ و ٩٦). وفضلاً عن ذلك فهى تذيب الأحماض الدهنية فى الماء. فالأحماض الدهنية التى تتكون من هضم الطعام لا تذوب فى الماء ولكنها تصبح قابلة للذوبان إذا وجدت أملاح الصفراء^(١) ويساعد الليسيثين أملاح

(١) تسمى هذه الخاصة بالخاصة الهيدروتروبية لأملاح الصفراء (Hydrotropic action)

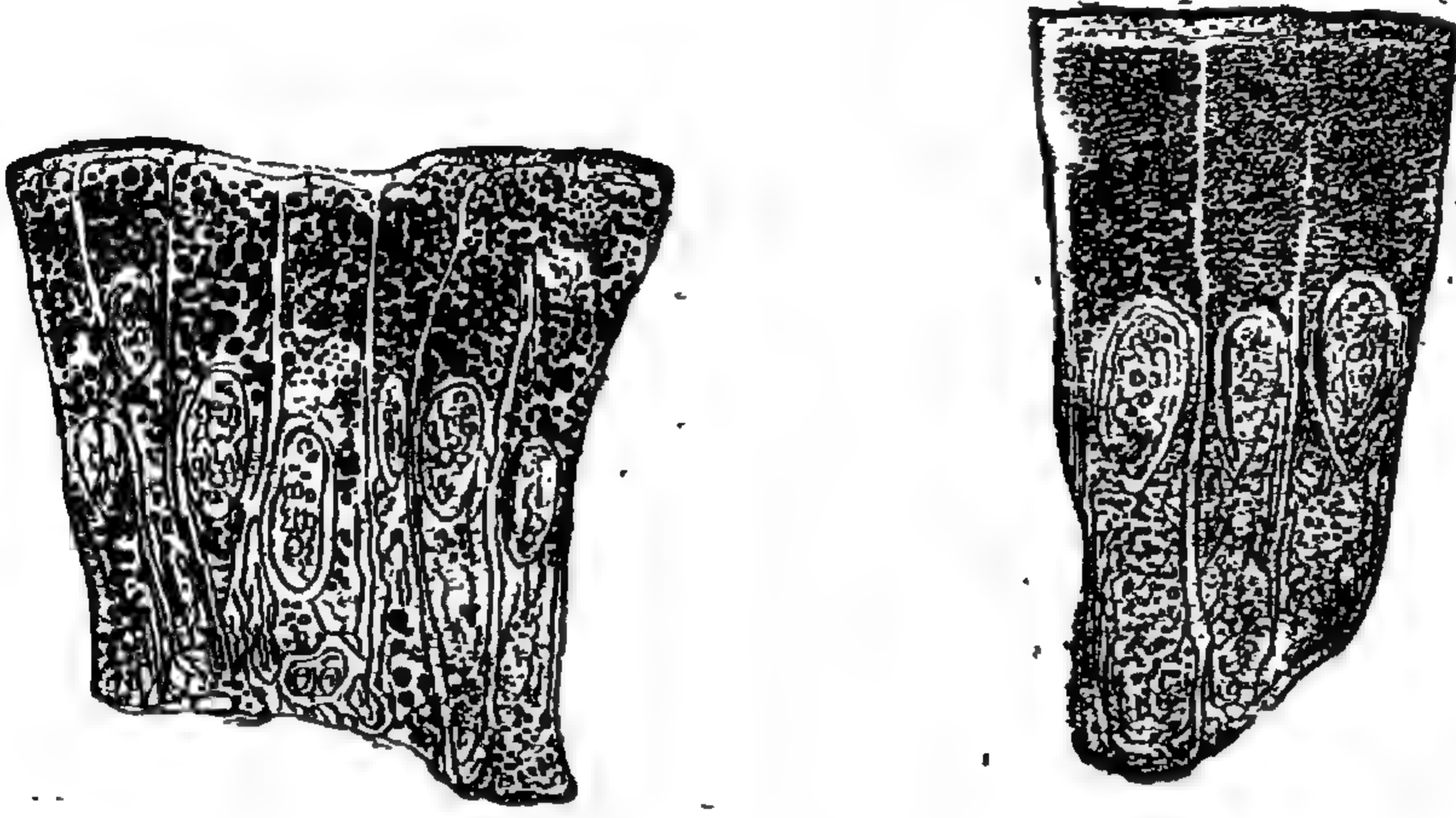
الصفراء في إذابة الأحماض الدهنية . وقد قام مالني (Mallenby) بتجارب تثبت أن الدهن قد يمتص ، دون أن يهضم ، إذا كان على هيئة مستحلب دقيق في وجود أملاح الصفراء .

وإذا ربطت قنينة الصفراء في حيوان خرج معظم الدهن في البراز كأحماض دهنية . ويثبت أن أملاح الصفراء أكثر أهمية لعملية امتصاص الدهن من عملية هضمه . وتذيب أملاح الصفراء أيضاً الكوليسترول والارجستيرون والفيتامين د ، وبذا تساعد على امتصاص هذه المشتقات الدهنية (ص ٩٧) ويقول فرزار (Verzar) أن أملاح الصفراء تتحد مع الأحماض الدهنية ، وتمتص الأحماض الدهنية إلى داخل الخلايا الطلائية للخنازل على هيئة هذا المركب . ثم تنفصل الأملاح وتذهب إلى الكبد لتفرز مرة أخرى إلى الأمعاء ، وهكذا نرى أن مقادير قليلة من أملاح الصفراء يمكنها أن تساعد هضم وامتصاص مقادير كبيرة من الدهن .

٣ — وجود الخميرة فوسفاتيز : إذا حقن الحيوان بمادة الفلوردين أو بمادة يود وخلات الصوديوم (Na. Iodoacetate) قل امتصاص الدهن وهذه المواد تردع عمل الخميرة فوسفاتيز . ويستدل بذلك على أن الأحماض الدهنية بعد وصولها إلى داخل الخلايا الطلائية للخنازل تتحول إلى فوسفوليبيد ؛ الذي يتكون كخطوة متوسطة لتحويل الأحماض الدهنية والجليسرين في داخل الخلايا الطلائية إلى دهن ثانية بعد الامتصاص .

وبوساطة أصباغ خاصة تميز بين الأحماض الدهنية المطلقة وبين الدهن وجدت الأحماض الدهنية في الخلايا الطلائية للفيران بعد عشرين دقيقة من تغذيتها بالدهن . وبعد ست ساعات كانت الخلايا ملأى بنقط من الدهن فقط واختفت تماماً كل الأحماض الدهنية المطلقة . ولكن عندما سممت الخميرة فوسفاتيز بوساطة يود وخلات الصوديوم كانت كمية المواد الدهنية في الخلايا الطلائية أقل كثيراً من العادية ومعظمها على هيئة أحماض دهنية مطلقة . ويمكننا أن نلخص ما تقدم بأن الأحماض الدهنية تمر إلى داخل الخلايا الطلائية ذائبة في الماء بوساطة أملاح الصفراء ، أو متحدة معها ثم تتحول إلى فوسفوليبيد كخطوة متوسطة ثم تتحول إلى الدهن مرة أخرى .

ويبين (شكل ٤٩) الخلايا الطلائية للخمائل وقت امتصاص الدهن .
والبقع السوداء عبارة عن نقط دهنية مصبوغة بحامض أوزميك (osmic acid)
ويرى الطرف المخطط للخلايا خالياً من نقط الدهن . وفي أول عملية
الامتصاص ترى نقط الدهن صغيرة (شكل ٤٩ أ) ثم تتحد مع بعضها
وتكون نقطاً كبيرة (شكل ٤٩ ب) .



أ — (شكل ٤٩) ب

الخلايا الطلائية للخمائل وقت امتصاص الدهن

أ — في بدء الامتصاص ب — بعد مدة من بدء الامتصاص
(عن شيفر عن كريهل)



أ — (شكل ٥٠) ب

الخلايا الطلائية للخمائل وقت امتصاص الدهن

أ — في غياب الفيتامين ب ب — في وجوده بكثرة
(عن شيفر عن آخرين)

الامتصاص ترى نقط الدهن صغيرة (شكل ١٤٩) ثم تتحد مع بعضها وتكون نقاطا كبيرة (شكل ١٤٩ ب)

٤ — وجود الفيتامينات ١ و ب في الطعام : إذ كان الطعام خاليا من هذين الفيتامينين قل امتصاص الدهن وبقي فقط عند قمة الخيلة وظهر الدهن بشكل بقع كبيرة في الخلايا — (شكل ١٥٠)

٥ — افراز قشرة الغدة فوق الكلوية . إذا استؤصلت الغدتان فوق الكلوية من حيوان امتنع امتصاص الدهن . ويظهر أن الهرمون كورتين لازم لتكوين الفسفوليبيد في الخلايا الطلائية وقت الامتصاص

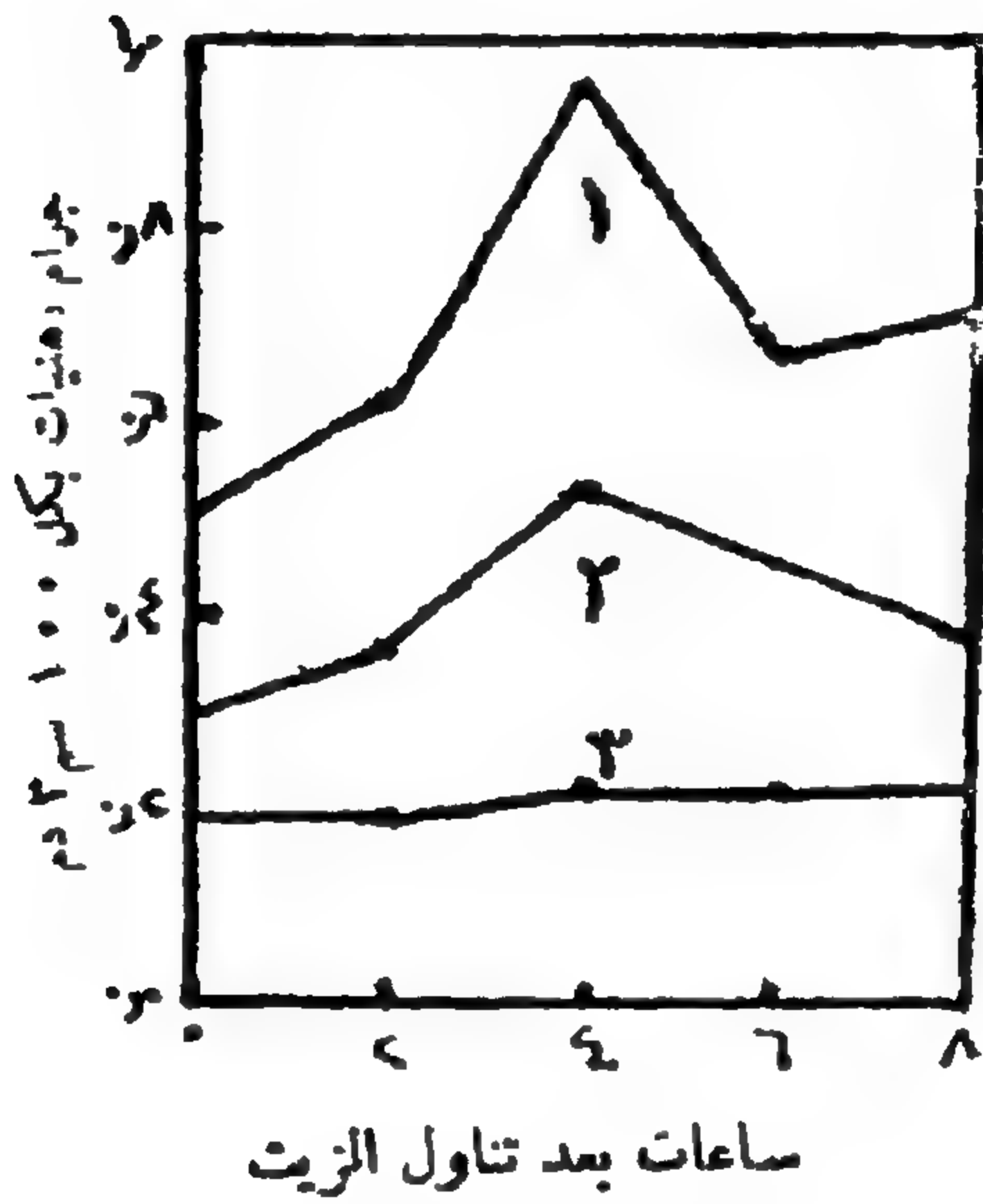
طريق الامتصاص : تمر نقط الدهن من الخلايا الطلائية إلى الوعاء اللبني المركزي . ويقال أن الخلايا اللمفاوية الموجودة في كثرة في النسيج الشبكي للخميلة تساعد على ذلك ولكن ليس هناك دليل كاف . ومن الوعاء اللبني المركزي يمر الدهن إلى الشبكة اللمفاوية بجدار الأمعاء فالأوعية اللمفاوية فالقناة الصدرية اللمفاوية ؛ حيث يوجد على شكل نقط صغيرة جداً من الدهن ، قطرها أقل من $\frac{1}{10}$ من المليمتر . وإذا أعطى الحيوان طعاما من الأحماض الدهنية المطلقه فقط ظهرت في القناة اللمفاوية متحدة مع الجليسيرول على هيئة دهن . مما يثبت أن خلايا الأمعاء يمكنها أن تصنع الجليسيرول وقت الامتصاص . وفائدة ذلك كبيرة إذ أن الأحماض الدهنية لو ذهبت إلى الدم في كثرة بحالتها المطلقة كانت سامة .

وإذا وضعت قنطرة في القناة اللمفاوية الصدرية بعد أكله من الدهن خرج منها حوالي ٦٠ ٪ من الدهن الذي يؤخذ بالطعام . والطريق الذي يتبعه باقى الدهن في امتصاصه غير ثابت الآن تماماً . ويدعى بعضهم أنه يمر في الوريد البابى إلى الكبد مباشرة ولكن ربما مر بوساطة أوعية لمفاوية إلى القناة اللمفاوية اليمنى (right lymph duct) أو إلى الوريد الفردى

(azygos vein) [لى Lee]

إستعمال الدهون بالجسم

يمر الدهن بعد امتصاصه سواء عن طريق القناة الليمفاوية الصدرية أو عن أى طريق آخر إلى الدورة الدموية وتزيد نسبة الدهن في الدم وقت الامتصاص وقد تصل إلى ٢ ٪ (alimentary lipaemia) . وتزداد أيضاً كمية الفوسفوليبيد في البلازما ، ويتبع ذلك زيادة في الكوليسترول . وإسترات الكوليسترول . ثم تقل تدريجياً كمية الدهن بالدم بين الوجبة والأخرى ويبين شكل (٥١) زيادة دهنيات الدم في كلب بعد تعاطيه ٥٠ جراماً من الزيت .



شكل (٥١)

- ١ — المجموع الكلى للأحماض الدهنية
٢ — الفسفوليبيد
٣ — الكوليسترول (بلور)

ويترك الدهن الدم إلى الأنسجة لاستعماله في أحد الوجوه الآتية :

- ١ — يخزن بالجسم (Store fat) .
- ٢ — يكون دهن الأنسجة (Tissue fat) . الذى يدخل في تركيب البروتوبلازم ويعتبر — كالبروتين — جزءاً أساسياً من البروتوبلازم .
- ٣ — يتأكسد إلى ثنائي أكسيد كربون وماء ويعطى طاقته .

- ٤ — ربما تحول إلى مائيات الكربون .
٥ — يستعمل لتكوين دهن اللبن بوساطة غدد الثديين في المراضع .
٦ — يخرج الجسم كميات قليلة من الدهن عن طريق البراز وعن طريق الجلد ، وفي أحوال نادرة جداً يوجد الدهن بالبول (chyluria) .
وستتكم عن هذه الوجوه واحداً فواحداً .

(١) الدهن المخزون

يخزن الدهن تحت الجلد ، وبداخل البطن حول الكلى (Perirenal) وفي المساريق (mesentary) والثرب (omentum) ، كما يخزن في النسيج الضام بين العضلات وغيرها من المخازن .
ويوجد الدهن في هذه الأنسجة الدهنية بداخل خلايا دهنية ، يحل الدهن فيها محل معظم بروتوبلازم الخلية ويكون البروتوبلازم على شكل غشاء رقيق يحيط بالدهن وينتفخ حيث توجد نواة الخلية (شكل ٨) . وهذا الدهن المخزون يمكن صبغه بسهولة بالأصباغ الهيستولوجية المختلفة كحامض الأوزميك أوسودان (٣) (Sudan III) وما إليها . ويمكن رؤيته تحت المجهر ؛ بعكس دهن الأنسجة الذي لا يظهر تحت المجهر إلا في ظروف خاصة غير طبيعية .
ويتركب معظم هذا الدهن كيميائياً من ثلاثيات الجليسيرول . وأهم الأحماض الدهنية التي به هي حامض أوليك وحامض پالميتيك وحامض ستياريك . ويوجد به كميات قليلة جداً من الليسيثين والكوليسترول .
والقيمة اليودية^(١) (iodine value) لدهن المخازن أقل منها لدهن الأنسجة مما يدل على أن الأحماض الدهنية في المخازن أكثر تشبعاً (more Saturated) منها في الأنسجة . والتركيب الكيميائي للدهن المخزون ثابت ، نوعاً ما ،

(١) القيمة اليودية هي كمية اليود مقدرة بالجرام التي يمكنها أن تتحد مع ١٠٠ جرام من الدهن . وكلما زادت الأحماض الدهنية الغير المشبعة في عينة الدهن زادت القيمة اليودية .

للحيوانات التي تمت لأي فصيلة . وذلك لأنها غالباً تتناول نفس النوع من الطعام . ولكن قد أمكن تجريبياً تغيير دهن المخازن . فلو جوع حيوان حتى يفقد كثيراً من دهنه المخزون ، ثم سمن على غذاء خاص ، نجد أن الدهن الذي يخزنه يقارب في تركيبه الكيميائي دهن الطعام . وقد أمكن وجود أحماض دهنية غير طبيعية للحيوان في مخازن الدهن به بعد إعطائها في الطعام . والدهن الذي يصنع بالحيوان من مائيات الكربون ثم يخزن يحتوى عادة على كمية أكبر من الأحماض الدهنية المشبعة .

مصادر الدهن المخزون : يخزن الحيوان الدهن عندما تزيد القيمة الحرارية للطعام عن القيمة الحرارية للتمثيل الغذائي العام بالجسم . ويشترك الدهن المخزون من كل أنواع الطعام الثلاثة وقد ذكرنا في صفحة ٢٣١ الأدلة على تحويل مائيات الكربون إلى دهن بالجسم ، وفي صفحة ١٩٩ التجارب التي تثبت أن البروتين أيضاً يمكن تحويله بجسم الحيوان إلى دهن ، ولكن لا يحدث ذلك عادة إلا إذا كانت مخازن الجليكوجين مملأة به . وكيفية صناعة الدهن من مائيات الكربون موضع حدث وتخمين . فجزء الجلو كوز يمكن تحويله بسهولة إلى جزيئين من الجليسيرول . وقد تصنع الأحماض الدهنية من الجلو كوز بالطريقة الآتية :

سبق أن رأينا أن الجلو كوز يتحول إلى حامض بيروفيك كخطوة متوسطة لأكسده بالأنسجة . وقد يبدأ تحويل الجلو كوز إلى الأحماض الدهنية من هذه الخطوة المتوسطة . فيفقد حامض بيروفيك جزيئاً من ثاني أكسيد الكربون ويتحول إلى أسيئالدهيد ؛ وذلك بوساطة الخميرة كاربوكسيلاز (carboxylase) التي توجد في معظم أنسجة الجسم ويتكاثف الأسيئالدهيد مع جزء آخر من حامض بيروفيك ثم يفقد المركب الناتج ثاني أكسيد الكربون ويتحول إلى كروتونيك ألدهيد . وبمثل هذا التكاثف تتكون ألدهيدات تحتوى على كل الأعداد الزوجية من ذرات الكربون . وإذا أضيف الأيدروچين إلى كروتونيك ألدهيد تحول إلى بيوتيريك

حوالى ٨٣٪ من الطاقة الكلية وقت الصيام . وإذا نفدت مخازن الدهن اضطر الجسم للحصول على طاقته كلها من بروتين البروتوبلازم . ويحدث ذلك قبل الوفاة بأيام قليلة .

وقد رأينا فى (صفحة ١٥٣) أن الدهن قد يقدم الطاقة اللازمة للمجهود الرياضى . أى أن الطاقة التى تتولد من أكسدة الدهن بالجسم لا تتحول فقط إلى حرارة بل يمكن أن تكون وقودا للأعمال الميكانيكية ولو أن الجسم يفضل مائيات الكربون لذلك إن وجدت . ويوجد الدهن بكل الألياف العضلية وكلما زاد عمل العضلة ونشاطها زادت كمية الدهن بها . فيوجد الدهن فى كثرة فى عضلة القلب وفى عضلة الحجاب الحاجز .

وللدهن المخزون وظائف أخرى فيمنع الدهن الموجود تحت الجلد فقد كميات كبيرة من حرارة الجسم . وذلك يفسر مقدرة السيدات على احتمال الجو البارد عن الرجال ، نظرا لوجود كميات أكبر من الدهن تحت جلودهن . ويملا الدهن الفراغات الموجودة بين أعضاء الجسم فيحفظ الأعضاء فى مواضعها ويقيها من التأثير بالضغط .

السمنة : هى خزن مقادير كبيرة من الدهن بالجسم . وقد تنتج من سببين : —

- ١ — الإفراط فى تناول الطعام مع عدم القيام بمجهود رياضى كاف
- ٢ — تعاطى كمية عادية من الطعام ولكن سرعة التمثيل الغذائى بالجسم تكون أقل من المعتاد نظرا لمرض داخلى . فمثلا تصحب السمنة نقص عمل الغدد التناسلية فتظهر فى السيدات فى سن اليأس وفى الماشية عند خصيها . وتنتج السمنة كذلك من نقص فى عمل الغدتين النخامية والدرقية . وهناك بعض حالات من السمنة تظهر بلا سبب واضح . فقد يتعاطى شخص كميات وافرة من الطعام ولا يقوم ، على ما يظهر ، بمجهود رياضى كاف ومع ذلك يبقى نحيفا . فى حين تظهر السمنة عند شخص آخر يعيش فى نفس بيئته وليس له شهية كبيرة مثله لتناول الطعام . وهذه الحالات إذا فحصت بعناية وجدت

السمنة — بعكس النحافة — دائماً مصحوبة بزيادة فى الدخلى الحرارى عن الخرج الحرارى للجسم لآى سبب من الأسباب .
والسمنة الزائدة مضرّة للأسباب الآتية : —

١ — السمنة تزيد وزن الجسم فتزيد مقدار الطاقة اللازمة لعمل أى مجهود رياضى كما تزيد عمل القلب والدورة الدموية . ويحدث ارتفاع ضغط الدم الشريانى . بنسبة أكثر فى السمان .

٢ — تمنع السمنة الزائدة الجسم من أن يفقد كميات كافية من الحرارة عن طريق التوصيل والاشعاع ولذلك يزداد إفراز العرق .

٣ — يحدث مرض البول السكرى بنسبة أكثر فى السمان من النحاف ويقول جوسلين (Joslin) أن السمنة هى الباب المفتوح لمرض البول السكرى
٤ — ويقال أيضاً أن السمان أقل مقاومة للعدوى واحتمال العمليات الجراحية من ذوى الوزن العادى .

علاج السمنة : إن كانت السمنة ناتجة من نقص فى عمل الغدد الصماء فيجب علاج ذلك أولاً . وأما إن لم تكن مصحوبة بأى خلل داخلى فالأساس فى علاجها أن تقلل القيمة الحرارية للغذاء فى حين يزداد المجهود الرياضى . ويلاحظ عند تقليل الغذاء ما يأتى :

١ — الدهن مصدر كبير للطاقة ويجب الإقلال منه بقدر الامكان ولكن يجب ملاحظة احتواء الطعام على كميات كافية من الفيتامينات التى تذوب فى الدهون .

٢ — يسمح للمريض بكميات كافية من البروتين كاللحم الذى لا يحتوى على دهن كثير . وذلك كي يحفظ الجسم فى توازن أوزونى ولا يفقد شيئاً من أنسجته الحيوية . وفضلاً عن ذلك فارتفاع كمية البروتين فى الطعام تزيد سرعة التمثيل الغذائى نظراً لفعله النوعى الديناميكى .

٣ — تقلل النشويات بقدر الامكان ولكن يجب دائماً ملاحظة عدم تكون الاجسام الخلونية بالجسم لدرجة مضره . ويلاحظ ذلك من وجودها بالبول في كثرة أو من زيادة كمية الامونيا بالبول (ص ٢٤٤) . فان تكونت الاجسام الخلونية تزداد نسبة مائيات الكربون في الطعام .

٤ — لاشباع الشخص يسمح له بتعاطي كميات كافية من الخضروات والفواكه وهذه ليس لها قيمة حرارية كبيرة .

٥ — الكحول مصدر كبير للطاقة بالجسم فيجب الامتناع عنه أو الاقلال منه بقدر الامكان .

وقد استعمل الثيروكسين لزيادة التمثيل الغذائى بالجسم ولكن ليس من المستحسن إعطاء هذا الهرمون إلا في الحالات التى تسبب من نقص فى افرازه إذ أن له تأثيرات أخرى غير مرغوب فيها . واستعملت أيضاً مادة دينيتروفينول وهى تزيد سرعة التمثيل الغذائى جداً (ص ١٤٢) ولكن وجد أنها تسبب إتلاف الكبد . ولذلك يستحسن أن يزداد التمثيل الغذائى فى حالات السمنة بالطريقة الطبيعية الفسيولوجية وهى زيادة المجهود الرياضى الذى يقوم به الشخص .

(٢) دهن الأنسجة

يدخل هذا الدهن فى تركيب البروتوبلازم كعنصر أساسى مثل البروتين وتوجد أكبر كمية منه بالمخ والنخاع الشوكى وبأغشية الخلايا . ويتكون معظمه من الفسفوليبيد . ولذلك به كميات كبيرة من الفوسفور ومن الأحماض الدهنية الغير المشبعة ، بعكس دهن المخازن . وقيمتة اليودية أعلى من تلك التى للدهن المخزون . ولا يمكن أن يصبغ دهن الأنسجة باصبغ الدهون الهيستولوجية ؛ ولا يمكن أن يرى تحت المجهر ؛ وتركيبه الكيميائى وكميته فى الأنسجة ثابتان لا يتغيران بنوع الدهن فى الطعام . ولا يستعمل دهن الأنسجة

مطلقا في الصيام مهما استمر ؛ ولذلك أطلق عليه ماير وتروان .
(Mayer & Terroine) اسم العنصر الثابت (Constant element) إذ أن
المخ الذي يحتوى على أكبر كمية من دهن الأنسجة لا يفقد شيئا منه وقت
الصيام في حين أن الدهن المخزون قد يختفى تماما . ولذلك سمي الدهن المخزون
بالعنصر المتغير (Variable element) .

ـ وظائف الفسفوليبيد : لا يعلم بالضبط الدور الذي تقوم به الفسفوليبيد
في البروتوبلازم مع أنها مركبات أساسية وتوجد في كل الأنسجة الحية
وتكثر في النسيج كلما زاد نشاطه . ويقال أنها تقوم ببعض عمليات
الأكسدة والاختزال في الخلية ، فالأحماض الدهنية الغير المشبعة فيها تحمل
الأوكسيجين وتقدمه إلى الجزيئات التي تجرى أكسدتها في الخلية . ووجودها في
أغشية الخلايا ينظم مرور المواد من الخلية واليها . ولا يستعمل الفسفوليبيد
الموجود بالبروتوبلازم كغذاء للخلية مع أنه يحتوى على ٧٠٪ تقريبا من
الأحماض الدهنية . وقد رأينا أنه في حالة الصيام التام لا تنقص كمية
الفسفوليبيد في الأنسجة .

ويمكن اعتبار الفسفوليبيد كخطوة متوسطة في استعمال وأكسدة الدهن
بالجسم ، فقد رأينا أنه في عملية امتصاص الدهن من الأمعاء تتحول الأحماض
الدهنية إلى فسفوليبيد أولا . كما أن نسبة الفسفوليبيد تزيد في البلازما في
كل الحالات التي يستعمل فيها الجسم كميات كبيرة من الدهن ، كما يحدث بعد
أكل غنية بالدهن أو في الصيام أو في مرض البول السكرى . ويظن أن
الدهون تنتقل من مكان إلى آخر بالجسم على شكل فسفوليبيد إذ أن
الفسفوليبيد يمتزج بالدم وبسوائل الجسم أسهل كثيرا من امتزاج ثلاثيات
الجليسيرول وكذلك تمر الفسفوليبيد بسهولة من أغشية الخلايا .

(٣) أكسدة الدهن

يذهب دهن المخازن ، إذا أريد استعماله إلى الكبد لتؤثر فيه أولاً —
ويدعم ذلك أن كمية الدهن بالكبد تزيد زيادة كبيرة في أحوال عديدة
يزداد فيها استعمال دهن المخازن . وتحتوى الكبد في هذه الحالات على
كمية من الدهن أكبر كثيراً مما يوجد في أى عضو آخر والحالات التى
يزيد فيها دهن الكبد هى :

١ — فى التغذية بالدهن أو بمقادير كبيرة من الكوليسترول وفى حالة
نقص القاعدة كولين (Choline) من الطعام . وفى حالة الصيام

٢ — فى حالات مرض البول السكرى والآنيميا الخبيثة .

٣ — فى حالات الأمراض المعدية .

٤ — فى حالات التسمم بالفسفور أو الكلوروفورم وما إليهما .

ويزداد دهن الكبد فى ساعات قليلة من تناول طعام غنى بالدهون وفى
هذه الحالة يؤثر دهن الطعام فى التركيب الكيميائى لثلاثيات الجليسيرول
والفسفوليبيد الموجودين بالكبد . وفى الحالات التى لا يؤخذ فيها دهن بالطعام
يشتق الدهن الزائد فى الكبد من الدهن المخزون وما يثبت ذلك بلا شك
التجارب الأخيرة التى قام بها شوينهيمر وريتنبيرج (Schoenheimer &
Rittenberg) فقد خزننا بالحيوانات أحماضاً دهنية مُعلَّمةً باحتوائها على ذرات
من الأيدروجين الثقيل (Heavy hydrogen) وقد وجدنا أنه عند تسميم
الحيوانات بالفوسفور تظهر فى الكبد هذه الأحماض الدهنية بالذات . ويمكن
انقاص الدهن المتكون بالكبد نتيجة التسمم بالفوسفور أو التغذية بالكوليسترول
إذا أعطى الحيوان مقادير كافية من القاعدة كولين ، وربما دل ذلك على أن الكبد
تستعمل هذه القاعدة لصناعة الليسيثين من الأحماض الدهنية وبذا تتخلص منها

إلى الدم . ويظهر أن غدة البنكرياس تقوم بدور في صناعة الكولين بالجسم بمقادير تكفى حاجته ، إذ أنه لو استؤصلت غدة البنكرياس من حيوان ثم حقن بالأنسولين باستمرار لبقى حيا ، تراكم الدهن وإسترات الكوليسترول في الكبد بمقادير كبيرة ، قد تصل إلى ٦٠ ٪ من وزن الكبد الكلى ، في حين أن نسبة الفسفوليبيد وإسترات الكوليسترول بالدم تقل جداً . فاذا أعطى الكولين أو الليسيثين — وهو يحتوى على الكولين — في الطعام قل دهن الكبد وزاد فسفوليبيد الدم .

تدل التجارب السابقة على أن الكبد تقوم بدور خاص مبدئى في استعمال الدهن بالجسم ؛ وفضلا عن أن الكبد هو العضو الذى يقوم بتحويل مائيات الكربون والبروتين إلى دهن ، ويقوم بتحويل الجليسيرول وربما الأحماض الدهنية إلى مائيات الكربون ، فقد أعطيت الكبد عدة وظائف أخرى في استعمال الدهن بالجسم . وهذه الوظائف هى :

١ — إنقاص درجة تشبع الأحماض الدهنية (Desaturation) .

٢ — تكوين الفسفوليبيد من ثلاثيات الجليسيرول .

٣ — صناعة الأجسام الخلوية .

والأدلة التى قدمت لإثبات أن الكبد تنقص درجة تشبع الأحماض الدهنية هى أن ليثر (Leathes) أطعم حيوانات على زيت كبد الحوت (cod liver oil) . ويحتوى هذا الزيت على كميات كبيرة من الأحماض الدهنية الغير المشبعة . وقد وجد أن دهن كبد هذه الحيوانات له قيمة يودية أعلى من تلك التى للطعام . ويمكن تفسير هذه التجارب على وجهين : فإما أن الكبد تلتقط من الدم الأحماض الدهنية الغير المشبعة وتحفظها لنفسها ، وبذا ترفع القيمة اليودية لدهون الكبد ؛ وإما أن الكبد نفسها تنقص من درجة تشبع الأحماض الدهنية . ثم كشف هارتلى (Hartley) بعد ذلك أن السبب الثانى هو الصحيح إذ أنه وجدت بالكبد أحماض دهنية غير مشبعة بخلاف تلك

التي توجد بالطعام . ولو أن تجارب هارتلى نفسها لم تؤيد فيما بعد إلا أنه مما لا شك فيه أن للجسم المقدرة على إنقاص درجة تشبع الأحماض الدهنية إذ أن شوينهيمر وريتنبرج قد استعملتا طريقتهما في إعطاء الحيوانات في الطعام أحماضاً دهنية تحتوي على ذرات من الأيدروجين الثقيل (Heavy hydrogen) وقد وجد أن الجسم ينقص درجة تشبعها ولكن لم تثبت تجاربهما في أى مكان بالجسم يحدث ذلك .

ومن حيث صناعة الفسفوليبيد فان معظم الدهن الذى يوجد فى الحالة الطبيعية فى الكبد يكون على هيئة فسفوليبيد . وقد رأينا أنه إذا نقصت القاعدة كولين من الطعام وهى القاعدة التى تدخل فى تركيب الليسيتين زاد الدهن بالكبد كثيراً وكان معظمه على هيئة ثلاثيات الجليسيرول فى حين يقل الفسفوليبيد من البلازما .

وأما الأدلة على أن الأحماض الخلوية يتكون معظمها فى الكبد فهى :
١ — إذا مررت الأحماض الدهنية فى الكبد (liver perfusion) تكون منها حامض أسيتو أسيتيك .

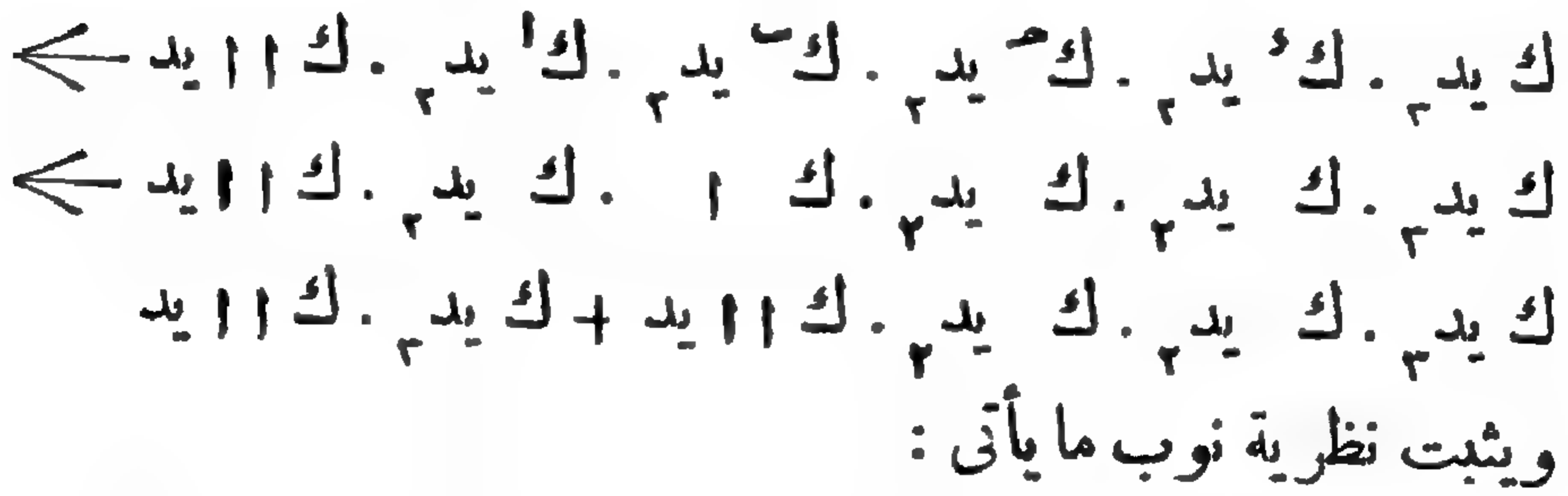
٢ — إذا حقنت خلاصة الفص الأمامى للغدة النخامية فى حيوان طبيعى زادت كمية الأحماض الخلوية بدمه (ketogenic hormone) . وأما إذا حقنت هذه الخلاصة فى الحيوان اللاكبدى فلا تتكون الأحماض الخلوية .

٣ — تختفى الأحماض الخلوية الموجودة بدم الحيوان ألابنكرياسى إذا استوصل الكبد أيضاً .

لا يعنى ما تقدم أن الكبد هو العضو الوحيد الذى يقوم بأكسدة الدهن بالجسم فقد قام كواستل (Quastel) وآخرون بعمل تجارب على تأثير شرائح من الأنسجة المختلفة (tissue slices) على الأحماض الدهنية وقد وجد أن للأعضاء الأخرى كالكلى والطحال والخصيتين بعض القدرة على الأكسدة . وأما

المخ فلا يمكنه بتاتاً أكسدة الأحماض الدهنية . وقد وجد أيضاً أن الكبد أقوى كثيراً من الكلى في أكسدة الأحماض الدهنية إلى حامض أسيتو أسيتيك ولكنها لا تقوى على تكملة الأكسدة بعد ذلك في حين أن الكلى والطحال يمكنهما القيام بأكسدة حامض أسيتو أسيتيك أكسدة تامة .

كيمياء أكسدة الأحماض الدهنية: يقول نوب (Knoop) أن أكسدة جزيء الحامض الدهنى تكون في ذرة الكربون الثانية بعد مجموعة الكربوكسيل ثم تنفصل المجموعة الكربوكسيلية مع ذرة الكربون الملاصقة لها . وينتج عن ذلك حامض دهنى ينقص ذرتين من الكربون عن الحامض الأول ثم تستمر هذه العملية . وهى تكسير ذرتين من الكربون كل مرة . ولمعرفة موضع الأكسدة تنمر ذرات الكربون بالحروف الأبجدية فتعطى الذرة الملاصقة لمجموعة الكربون اسم **ا** والذرة الثانية **ب** ثم **ح** وهكذا . فعلى حسب نظرية نوب تجرى الأكسدة دائماً في ذرة الكربون **ب** (Knoop's B. oxidation) كما يتبين من الرموز الآتية :



١ — كل الأحماض الدهنية التى توجد بالجسم تتكون من عدد زوجى من ذرات الكربون .

٢ — إذا مررت الأحماض الدهنية فى الكبد تنتج عنها حامض أسيتو أسيتيك إذا كانت الأحماض الدهنية تحتوى على عدد زوجى من ذرات الكربون . ولا يحدث ذلك إذا احتوت على عدد فردى .

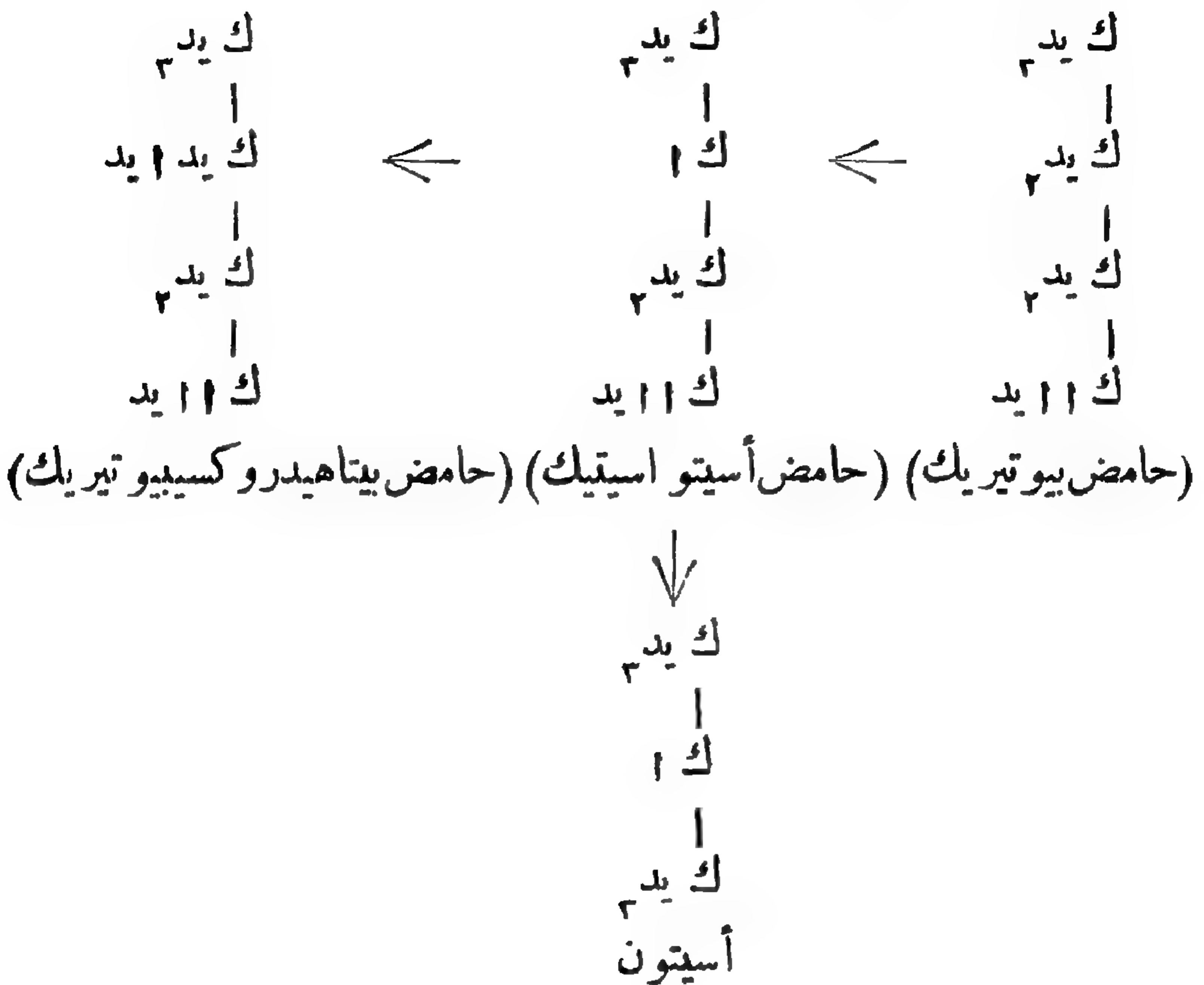
٣ — أعطى نوب مشتقات الفينيل المحتوية على سلسلة جانبية تتكون من حامض دهنى . وإنه من المعلوم أن حلقة الفينيل لاتأكسد بالجسم إلا إذا

كانت في جزىء الأحماض الأمينية كالفينيل ألانين والتيروزين ؛ وأما في غير ذلك فإنها تخرج بالبول . فباعطاء الحامض الدهنى متحداً مع الفينيل — الذى لا يتأكسد بالجسم — يمكن معرفة ما يتبقى من الحامض الدهنى بعد أكسده ؛ وذلك بملاحظة مركب الفينيل الذى يخرج بالبول . وقد وجد من هذه التجارب أنه إذا كان الحامض الدهنى — المتحد مع الفينيل — ذا عدد فردى من ذرات الكربون خرج بالبول حامض بنزويك (Benzoic acid) وأما إن كان ذا عدد زوجى من ذرات الكربون خرج بالبول حامض فينأسيتيك (Phenacetic acid) . أى أن كل الأحماض الدهنية ذات العدد الفردى من ذرات الكربون يبقى منها ذرة واحدة من الكربون فقط متحدة مع الفينيل . وكل الأحماض الدهنية ذات العدد الزوجى من ذرات الكربون يبقى منها ذرتان من الكربون متحدتان مع الفينيل . ويثبت ذلك أن الأحماض الدهنية تتأكسد عن طريق تكسير ذرتين من الكربون في كل مرة . ولا يخرج حامض بنزويك أو حامض فينأسيتيك بالبول بحالته المطلقة ولكنهما يخرجان متحدتين مع الحامض الأمينى جليسين ؛ فيكون حامض بنزويك حامض هيپيوريك (Hippuric acid) ويكون حامض فينأسيتيك حامض فينأسيتيوريك (Phenaceturic acid) . ويجرى هذا الاتحاد فى الكلى ويقلل من التأثير السام لهُذين الحامضين . ويبين جدول (٩) هذه التجارب وقد قام ديكين (Dakin) بتجارب تثبت أن أول نتاج للأكسدة عند ذرة الكربون ب هو الحصول على حامض كيتونى وبعد ذلك قد يتبع هذا الحامض عدة طرق فمثلاً يتأكسد عند هذه الذرة مرة أخرى ويتكون منه حامض دهنى ينقص عن الحامض الأول ذرتين من الكربون . أو قد يتحول بوساطة الاختزال إلى حامض هيدروكسيلي عند ذرة الكربون ب أو قد يفقد مجموعة الكربوكسيل مكوناً كيتونا . فمثلاً لو طبقنا هذه الطرق على حامض بيوتيريك نتج أولاً حامض أسيتوأسيتيك وهذا قد يكون جزيئين

جدول (٩)

الحمض الذي أعطي للحيوان	عدد ذرات الكربون في الحمض الدهني	الحمض الذي يخرج بالبول	عدد ذرات الكربون التي اكتسبت بالجسم
حامض بنزويك $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$	١	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$	٠
حامض فيناستييك $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}$	٢	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}$	٠
حامض فينيل برويونيك $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$	٣	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$	٢
حامض فينيل بيوتيريك $\text{C}_8\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}$	٤	$\text{C}_8\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}$	٢
حامض فينيل فاليريك $\text{C}_9\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}$	٥	$\text{C}_9\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}$	٤
حامض فينيل كاپريك $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}$	٦	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CO}_2\text{H}$	٤

من حامض الخليك أو قد يختزل إلى حامض بيتا هيدروكسى بيوتيريك أو قد يتحول إلى أسيتون . كما يرى من الرموز الآتية :

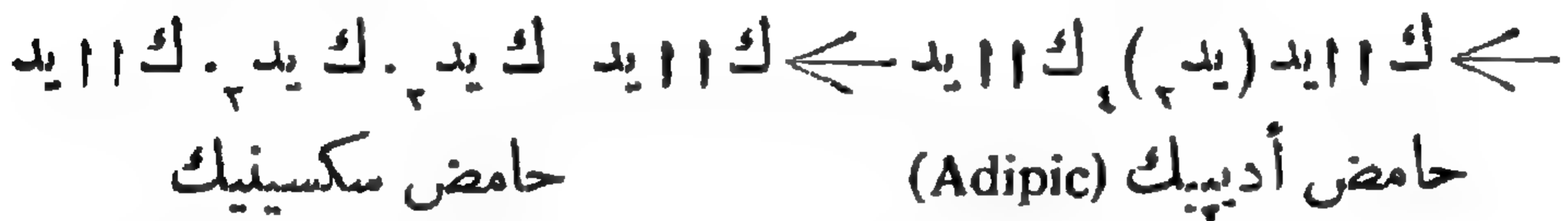
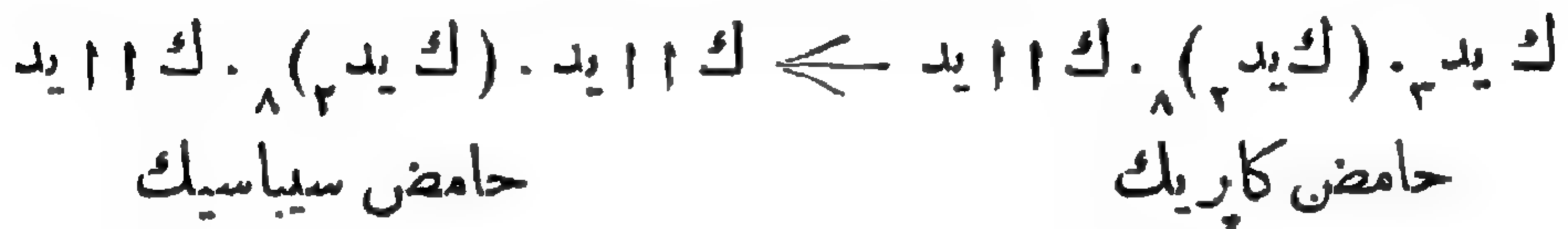


وما يدعم رأى ديكن أن هذه الأجسام هى الأجسام الخلوية التى تتراكم بالجسم وتفرز بالبول فى الصيام أو فى مرض البول السكرى .

هذا ويظن ريبير (Raper) أن الأحماض الدهنية قد تتأكسد فى مواضع أخرى غير موضع ذرة الكربون ب ، وذلك لأن أكسدة الأحماض الدهنية خارج الجسم بوساطة فوق أكسيد الايدروچين أثبتت ذلك ومن المعلوم أن الأكسدة داخل الجسم تشبه فى كثير من الوجوه الأكسدة خارجة بوساطة فوق أكسيد الايدروچين . وقد وجد ريبير فى تجاربه أن الأحماض الدهنية قد تتأكسد عند ذرة الكربون ح أو د .

وقد أظهر فركاڊى (Verkade) وآخرون أن الحامض الدهنى قد يتأكسد

أولا عند ذرة الكربون الأخيرة البعيدة عن مجموعة الكربوكسيل وبذلك يتكون حامض دهني ثنائى الكربوكسيل فمثلا يتحول حامض كاپريك (Capric acid) إلى حامض سيباسيك (Sebacic acid). ثم يتأكسد الحامض بعد ذلك من ناحيته عند ذرة الكربون ب من كل ناحية ويتكون حامض دهني ينقص عن الأول بأربعة ذرات من الكربون . وقد تحدث الأكسدة من ناحية واحدة مع إنقاص ذرتين من الكربون فقط . وتدعو هذه الطريقة أخيراً إلى تكوين حامض سكسينيك (Succinic acid) الذى يتأكسد إلى ثنائى أكسيد كربون وماء كما يقبين من الرموز الآتية :



ويظهر مما تقدم أنه قد يكون هناك عدة طرق لأكسدة الأحماض الدهنية بالجسم ولكن طريقة الأكسدة عند ذرة الكربون ب هى أهمها .

وتستمر عملية أكسدة الأحماض الدهنية حتى نصل إلى جزيء يحتوى على أربع ذرات من الكربون . ولا يتأكسد هذا الجزيء بعد ذلك إلا إذا صحبه فى الجسم أكسدة مائيات الكربون . وفى حالة عدم أكسدة مائيات الكربون تتراكم فى الدم الأجسام الخلونية وهى حامض أسيتوأسيتيك وحامض بيتا هيدروكسى بيوتيريك والأسيتون أو الخلون .

وقد وجد أن كل جزيء من الجلوكوز يتأكسد بالجسم يساعد أكسدة جزيئين من الأحماض الدهنية أكسدة تامة . أى إلى درجة ثنائى أكسيد كربون وماء . وعلى ذلك إذا أردنا أن نمنع تراكم هذه الأجسام الخلونية بالجسم يجب أن نقدم إليه جزيئاً من الجلوكوز على الأقل لكل جزيئين من الأحماض الدهنية .

ويسمى الجلوكوز أو ما يولد الجلوكوز بالجسم بالأجسام المضادة للخلونات . وتسمى الأحماض الدهنية أو ما يولدها بالجسم بالأجسام المولدة للخلونات . وعليه كي نمنع تراكم الخلونات يجب ألا تزيد نسبة ^{المولدة للخلونات} _{المضادة للخلونات} عن ٢ ^(Ketogenic) _(Antiketogenic) . وتراكم هذه الأحماض الخلونية بالجسم كما سبق أن ذكرنا مضر إذ أن هذه الأحماض تزيد من حموضة الدم . وفضلا عن ذلك فهي سامة وخصوصاً حامض أسيتو أسيتيك وتسبب هبوطاً بالجهاز العصبي يؤدي إلى الغيوبة والوفاة . وقد قارن أنرپ والباجورى التأثير النسبي للأجسام الخلونية على عضلة القلب ووجدوا أن حامض أسيتو أسيتيك يضعفها أكثر من الجسمين الآخرين .

وأما المواد التي تولد الأحماض الخلونية فهي :

١ — الأحماض الدهنية .

٢ — بعض الأحماض الأمينية مثل تيروزين وفينيل ألانين وليوسين

فأما المواد المضادة فهي :

١ — مائيات الكربون .

٢ — ٥٨ ٪ من جزيء البروتين (١) .

٣ — ١٠ ٪ من جزيء الدهن ، أى ما يحويه من الجليسيرول .

وتزيد النسبة على ٢ وتتراكم الخلونات بالدم فى الأحوال الآتية :

١ — وقت الصيام . لأنه لا يوجد بالجسم مقادير كافية من مائيات الكربون

٢ — عند تعاطى طعام محتو على مقادير كبيرة من الدهن وقليلة جدا

من مائيات الكربون .

٣ — فى مرض البول السكرى . لأن الجسم لا يؤكسد مائيات الكربون

بكميات كافية .

(١) نظرا للشك الذى يحوم الآن حول نسبة ^{الجلوكوز} _{الازوت} فى بول الصائم المريض بالديابيتس

(ص ٢٤٠) قد أصبحت نسبة البروتين التى يمكن تحويلها إلى جلوكوز غير مؤكدة .

وقد قدمنا بعض الأدلة على أن الأحماض الخلوية يتكون معظمها في الكبد إن لم يكن منها .

ويمكن تلخيص أكسدة الأحماض الدهنية بالجسم كالآتي :

تمر الأحماض الدهنية من المخازن إلى الدم إلى الكبد حيث تنقص درجة تشعبها وتتحول إلى فسفوليبيد ثم تتم أكسدتها بوساطة الأنسجة و تكون الأكسدة مصحوبة بتكسير ذرتين من الكربون وفصلهما من الجزيء . ويستمر ذلك إلى أن نصل إلى الأحماض الخلوية المحتوية على أربع ذرات من الكربون . ولا تتأكسد هذه إلا إذا صحبت أكسدة مائيات الكربون وإلا تراكمت في الدم . وربما كان الكبد هو المكان الوحيد لتكوين الأحماض الخلوية .

(٤) تحويل الدهن إلى مائيات الكربون

يمكن الجسم أن يحول الجليسيرول الموجود بالدهون إلى جلوكوز . وأما بخصوص الأحماض الدهنية نفسها فليس معروفا تماماً إذ أن هناك أدلة تثبت إمكان حدوث ذلك وأخرى تثبت العكس . ويمكن تفسير هذا التناقض باستعمال حيوانات مختلفة بوساطة الباحثين المختلفين للحصول على الأدلة . فمثلاً وجد أن في الحيوانات التي تنام شتاء — كالضفادع — يجوز تحويل الأحماض الدهنية إلى مائيات الكربون وقت النوم الشتوى وذلك لأن معامل التنفس في هذه المدة ينقص كثيراً عن ٧ر٠ .

هذا وقد وجد أيضاً أنه إذا أعطيت الأحماض الدهنية للحيوان الصائم ألابنكرياسى أو المحقون بالفلوردين فلا تتأثر نسبة ^{الجلوكوز}_{الازوت} بالبول . ويؤخذ ذلك دليلاً أن الأحماض الدهنية لا يمكن أن تتحول في الجسم إلى مائيات الكربون (أنظر أيضاً صفحة ٢٤٠) .

وهناك عدة أدلة أخرى في مثل هذا التناقض مما يجعلنا لا يمكننا أن نجزم

الآن بإمكان تحويل الأحماض الدهنية إلى جلو كوز بالجسم من عدمه ولو أن تقدير معامل التنفس في كثير من حالات مرض البول السكرى في الإنسان في السنوات الأخيرة قد يثبت إمكان هذا التحويل. فقد وجد معامل التنفس حوالى ٧.٠ أو أقل مع أن أكسدة الجلوكوز لا تحتقن تماماً في مرض البول السكرى بل تقل فقط .

(٥) صناعة دهن اللبن

يوجد باللبن حوالى ٣,٧ ٪ من الدهن ويتكون معظمه من ثلاثيات الجليسروول ؛ ثلاثى البالميتين وثلاثى الاستيارين وثلاثى الأولين ، ويحتوى على مقادير قليلة من ثلاثيات الجليسروول التى تحتوى على الأحماض الدهنية الصغيرة . ويوجد به بعض من الليسيثين والكوليسترول . ويشترك دهن اللبن من ثلاثيات الجليسروول الموجودة بالدم . وقد كان يظن أولاً أنه يشتق من فسفوليبيد الدم ولكن هذا الرأى لم يدعمه بتجارب . وقد أمكن التأثير كثيراً على دهن اللبن بوساطة نوع الدهن فى الطعام . فبإعطاء أحماض دهنية خاصة بكثرة فى الطعام ظهرت فى دهن اللبن وقد سبق أن رأينا مثل هذا التأثير على دهن المخازن . وقد يكون دهن الطعام ذا رائحة أو طعم خاص فننتقل الرائحة والطعم إلى اللبن . وكما يظهر جلياً فإن لهذه التجارب أهمية خاصة فى تغذية مواشى اللبن .

(٦) إخراج الدهن من الجسم

يحتوى البراز دائماً على مقادير كبيرة من الأحماض الدهنية وثلاثيات الجليسروول ويشترك معظم دهن البراز من إفرازات الأمعاء . وليس مما يتبقى من دهن الطعام بعد الامتصاص (ص ١١٠) . وقد يكون الدهن وقت

الصيام ثلث الوزن الجاف للبراز. وفي الحالات التي يختل فيها هضم وامتصاص الدهن يمر بالبراز كثير من دهن الطعام.

ولا يوجد عادة دهن أوفسفوليبيد في البول ولكن قد يظهر الفسفوليبيد في البول في أحوال مرضية. ويخرج بعض الدهن من الجسم عن طريق الجلد في إفرازات الغدد الدهنية الجلدية (Sebaceous glands). وهي تعطي الجلد نعومة وتحفظه من أن يجف بفعل الجو وتوجد معظم الأحماض الدهنية التي في دهن إفراز غدد الجلد الدهنية متحدة مع الكحولات العالية مثل الكوليسترول وليست مع الجليسرول. ولوجودها بهذا الشكل فائدة عظيمة من حيث أنها تحفظ الجلد إذ أنها لا تصلح لنمو الجراثيم ولا تتعفن وفضلا عن ذلك فإسترات الكوليسترول تمتص مقادير كبيرة من الماء وتمنع جفاف الجلد.

الباب الحادى والعشرون

التمثيل الغذائى للكوليسترول

(Cholesterol Metabolism)

يعتبر الكوليسترول من ضمن الدهون نظراً لأنه يذوب فى مذيبات الدهون . ولكن للكوليسترول تركيباً كيميائياً وربما وظائف مختلفة عن الدهون الأخرى . ويمثل الكوليسترول الإستيرولات التى توجد فى الخلايا الحيوانية ، ورمزه الكيميائى $C_{27}H_{46}O$ ، وقد دلت الأبحاث الحديثة على أن الكوليسترول الحيوانى يحتوى فى الواقع على مركبين أو أكثر من الإستيرولات ، تختلف عن بعضها فى درجة انصهارها وفى مقدرتها فى امتصاص الأشعة فوق البنفسجية وغير ذلك من الخواص . ولذلك يستحسن الآن أن يطلق على الكوليسترول اسم الإستيرول الحيوانى . ويوجد بالكوليسترول مجموعة OH ، الكحولية تمكنه من تكوين إسترات مع الأحماض الدهنية .

هضم وامتصاص إسترات الكوليسترول : تتحلل إسترات الكوليسترول بوساطة عصائر البنكرياس والأمعاء الدقيقة إلى أحماض دهنية وكوليسترول ويحدث ذلك بوساطة خميرة تسمى كوليستروليز (cholesterolase) . [ثانهاوزر (Thannhauser)] ويلزم لعمل الخميرة أن تكون إسترات الكوليسترول مذابة أو على هيئة مستحلب فى الدهون الأخرى ويمتص الكوليسترول من الأمعاء الدقيقة بمقادير قليلة إلا إذا وجدت كميات كافية من الأحماض الدهنية . وتساعد أملاح الصفراء امتصاص الكوليسترول لأنها تزيد ذوبانه فى محتويات الأمعاء . ويتحد بعض الكوليسترول مع

الاحماض الدهنية ثمانية وقت الامتصاص مكوناً إسترات الكوليسترول . ويمتص معظم الكوليسترول في الأوعية اللمفاوية . وقليل منه يمتص إلى الدم مباشرة في الوريد البابي .

ويوجد الأرجوستيرون أو الاستيرون النباتي غالباً في أنسجة الحيوان مع الكوليسترول . وأما الاستيرونات النباتية الأخرى فلم يمكن الحصول عليها من أنسجة الحيوان مما يدل على أنها لا تمتص من الأمعاء .

وهو الكوليسترول بالجسم : الكوليسترول مركب أساسي في جميع أنسجة الجسم وسوائله . ويوجد إما بحالته المطلقة وإما متحداً على هيئة إسترات . وتتغير كمية الكوليسترول الكلية في الأنسجة كما تتغير نسبة الكوليسترول المطلق إلى الكوليسترول المتحد بعوامل كثيرة — فسيولوجية ومرضية — وأما كمية الكوليسترول المطلق في الأنسجة فتبقى ثابتة . ويوجد الكوليسترول في إفراز الصفراء بحالته المطلقة فقط وتتغير كميته في الصفراء تبعاً لنسبته في الدم . ويوجد معظم الكوليسترول في كرات الدم بحالته المطلقة . وأما في البلازما فأكثر من نصفه يكون متحداً ومكوناً إسترات . وأغنى أعضاء الجسم بالكوليسترول هما المخ والغدة فوق الكلية ويوجد معظم كوليسترول المخ بحالته المطلقة .

وإذا أخذ الكوليسترول بمقادير كبيرة في الطعام زادت كميته كثيراً في الأنسجة جميعها ماعدا المخ . وكانت الزيادة على هيئة إسترات الكوليسترول وزيادة كمية الكوليسترول في الطعام تدعو إلى زيادة كبيرة جداً في ثلاثيات الجليسيرول في الكبد فضلاً عن زيادة إسترات الكوليسترول (ص ٢٦٦) . وتدعو أيضاً إلى تصلب في الشرايين . وتدل هذه التجارب على أن مقدرة الجسم في استعمال الكوليسترول محدودة . وربما ظهر لهذه التجارب فائدة طبية فيما بعد .

صناعة الكوليسترول بالجسم : يقدر الجسم أن يصنع الكوليسترول في حالة غيابه من الطعام ويستدل على ذلك بما يأتي :

١ — كمية الكوليسترول والكوبوستيرول في البراز تكون غالباً أكثر من كمية كوليسترول الطعام .

٢ — يستمر إخراج الكوليسترول من الجسم حتى لو كان الطعام فقيراً جداً به أو خالياً منه .

٣ — تكون كميات كبيرة من الكوليسترول في بيض الطيور مع أن الطعام قد يكون خالياً منه .

وظائف الكوليسترول : ١ — الكوليسترول مركب أساسي في البروتوبلازم ولكن الآن لا يعرف على وجه التأكيد الدور الذي يقوم به .

٢ — قد يكون لوجود الكوليسترول في أغشية الخلايا أهمية من حيث الخواص الطبيعية الكيميائية لهذه الأغشية ومن حيث حفظ كيان الخلية .

فمثلاً إذا مزج سم الثعبان (Cobra venom) مع الفسفوليبيد — ليسيثين — فقد الليسيثين جزيء الحامض الدهني الغير المشبع الذي به وبقي ليسوليسيتين

(lysolecithin) . وهذا يحتوي على جزيء واحد من الحامض الدهني المشبع وله مقدرة كبيرة جداً على تحليل كرات الدم الحمراء (Haemolysis) . فتتحلل

جدرانها وتذوب محتوياتها في البلازما . والكوليسترول يعادل عمل الليسوليسيتين باتحاده معه ويمنع تحليل كرات الدم الحمراء .

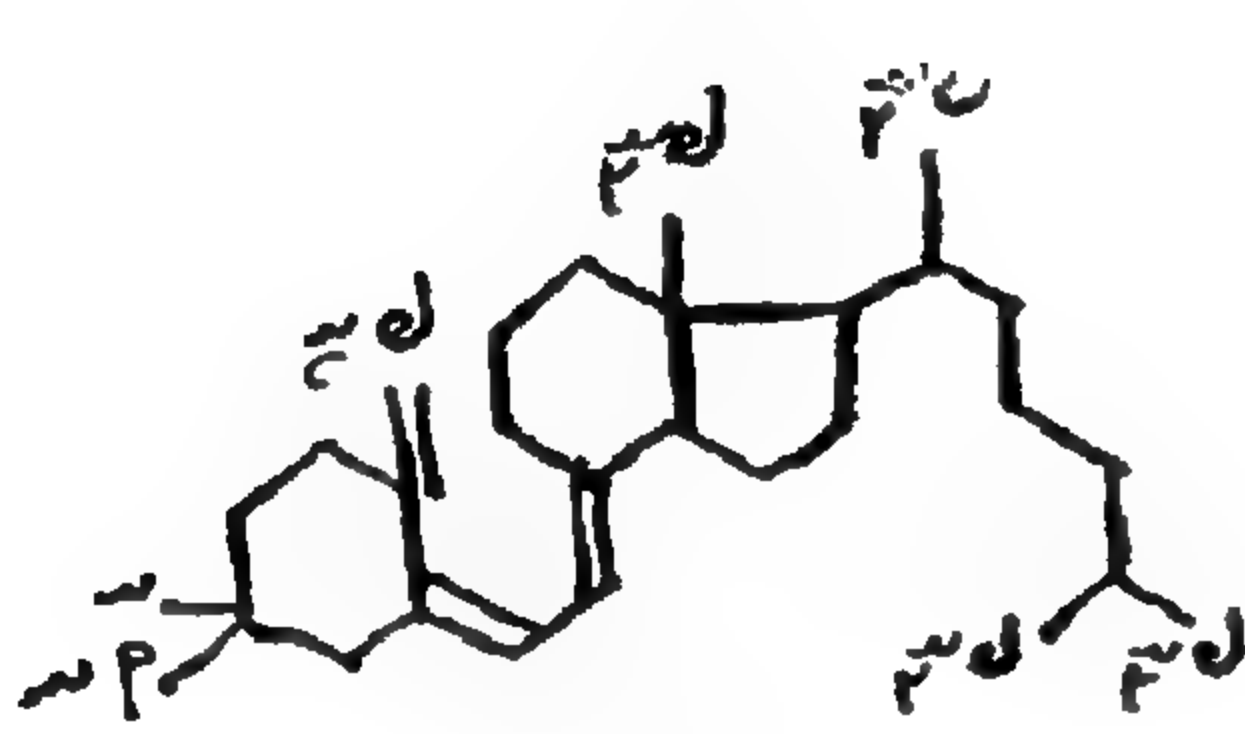
٣ — يستدل بعضهم من زيادة إسترات الكوليسترول في البلازما وقت امتصاص الدهن أو وقت استعمال الدهن بكثرة على أن الكوليسترول

قد يشترك مع الفسفوليبيد في عملية نقل الأحماض الدهنية بالجسم .

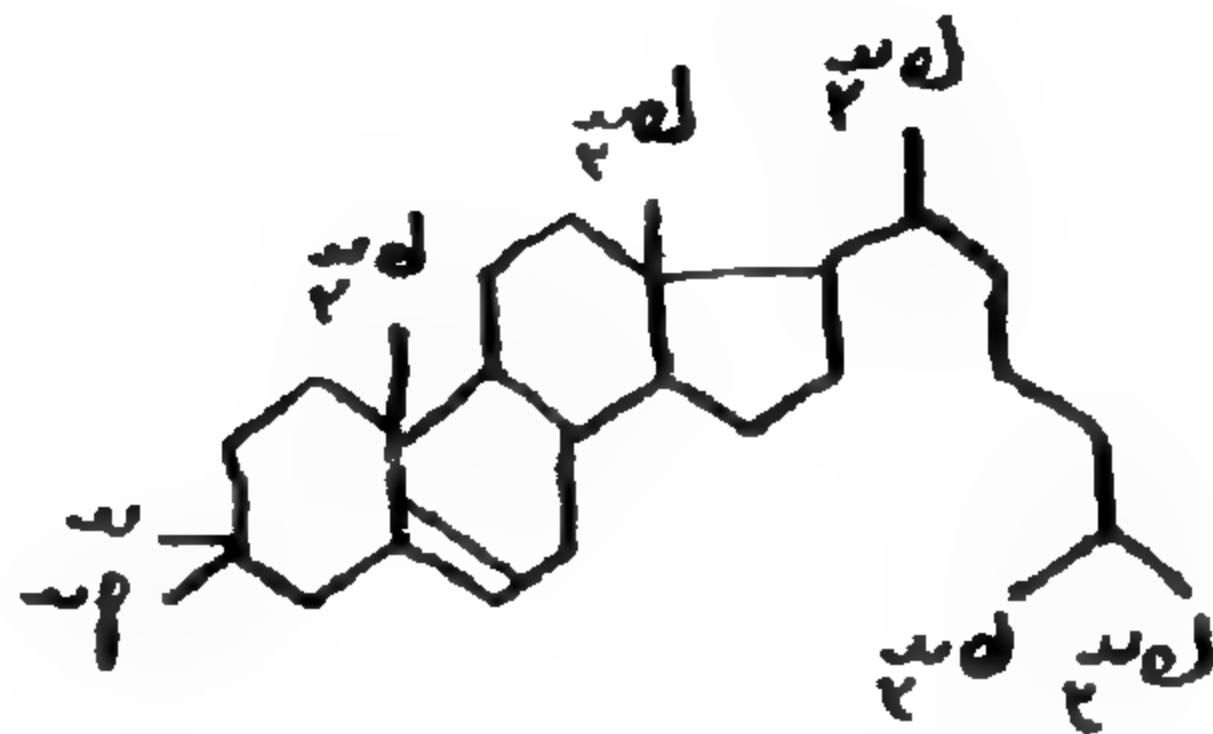
٤ — يشابه الكوليسترول في تركيبه الكيميائي مركبات كثيرة في غاية

الأهمية بالجسم ، منها مركبات فيتامين د ، وهرمونات الغدد التناسلية وقشرة الغدة فوق الكلية وأحماض الصفراء . وقد يكون الكوليسترول مصدر

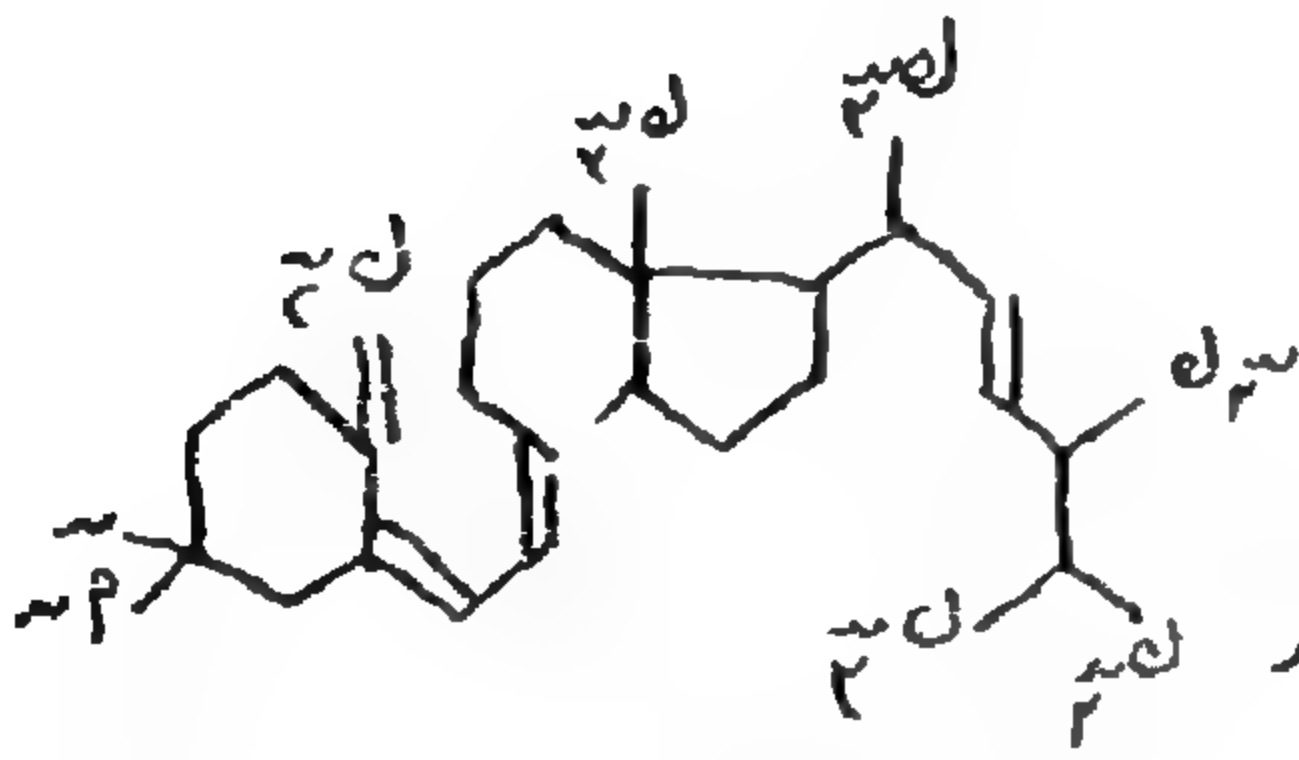
صناعة هذه المركبات بالجسم وتبين الرموز الآتية التركيب الكيميائي للكوليسترول ولهذه المركبات الهامة . وفضلاً عن ذلك فقد يكون للكوليسترول أهمية مرضية فقد وجد أيضاً أن كمية الكوليسترول كبيرة في نسيج السرطان (Cancer) وأن هناك بعض مواد تسبب سرطاناً إذا وضعت على الجلد أو إذا حقنت في الفئران . وهذه المواد التي تولد السرطان (carcinogenic) تشابه الكوليسترول أيضاً في تركيبها الكيميائي .



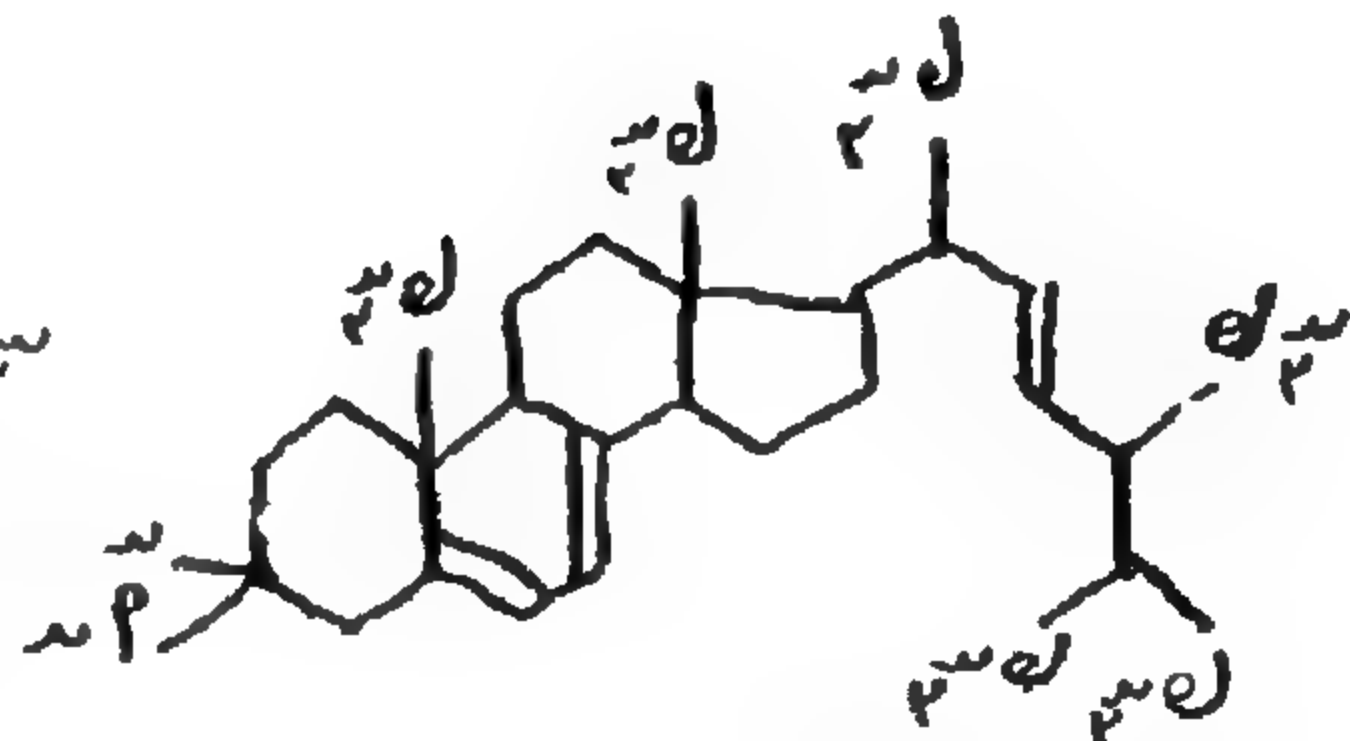
كوليسترول
ك ٢٧ . يد ٤٥ . ايد ١٠



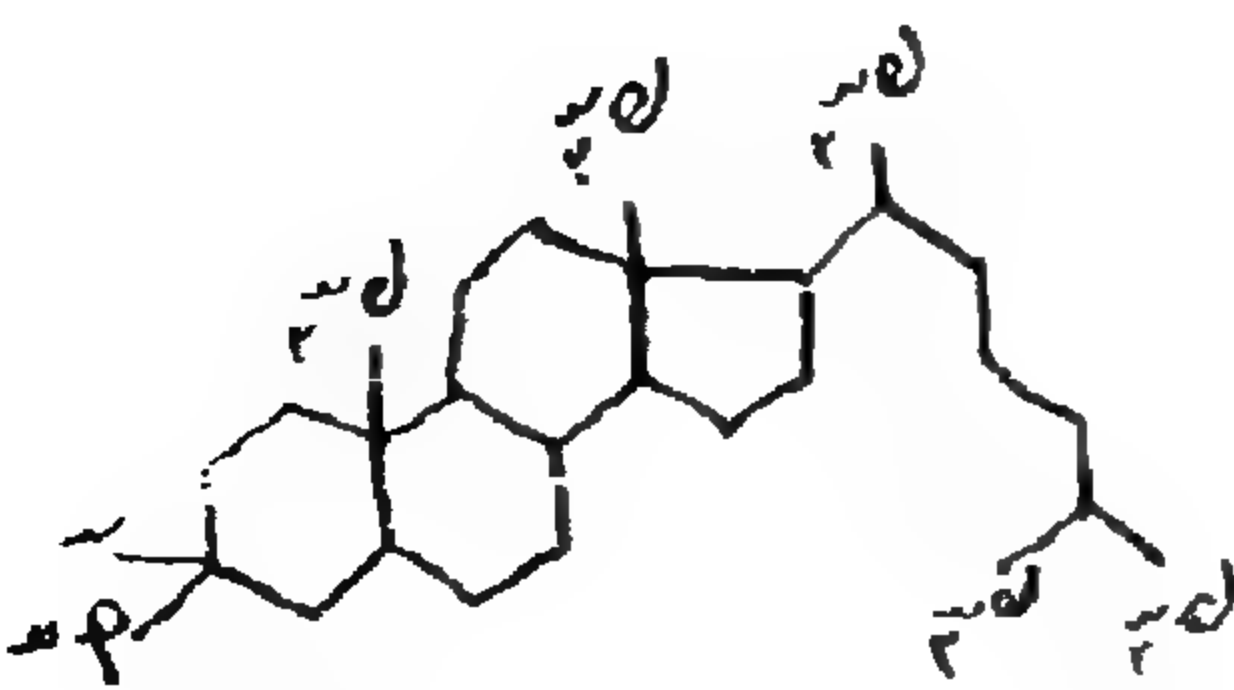
فيتامين د ك ٢٧ . يد ٤٣ . ايد
(من الكوليسترول)



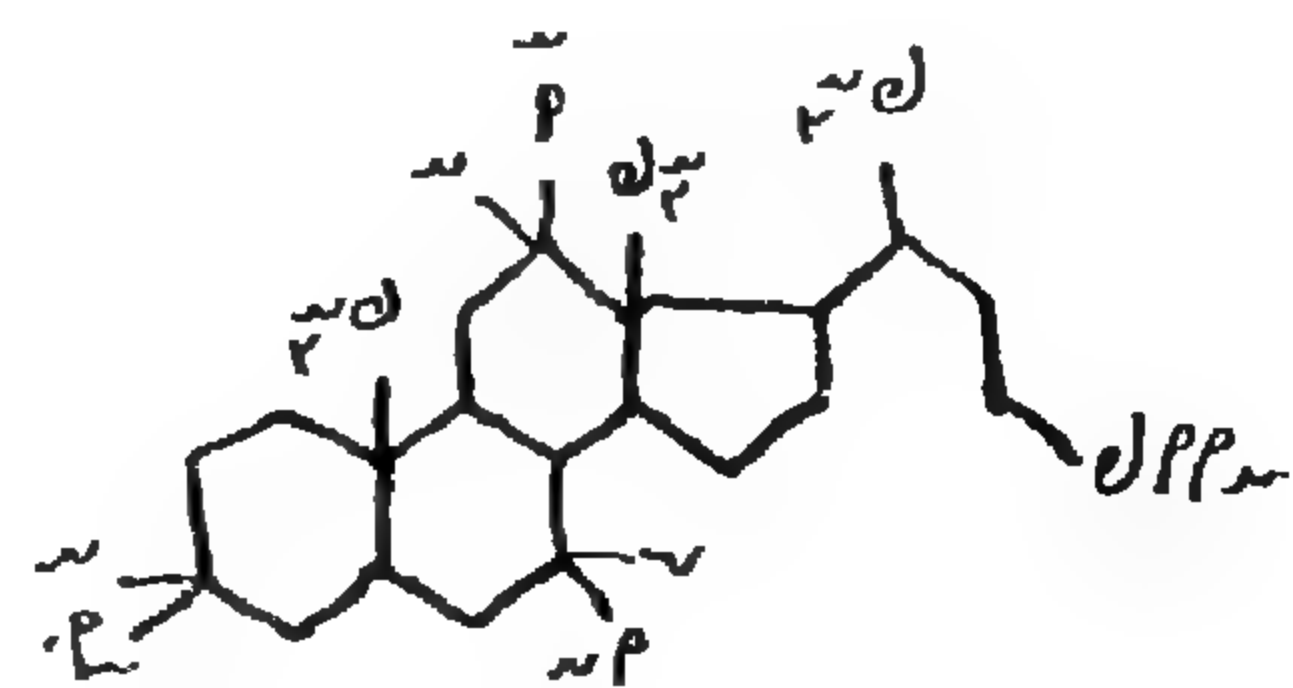
فيتامين د ك ٢٨ . يد ٤٣ . ايد
(من الارجوستيرول)



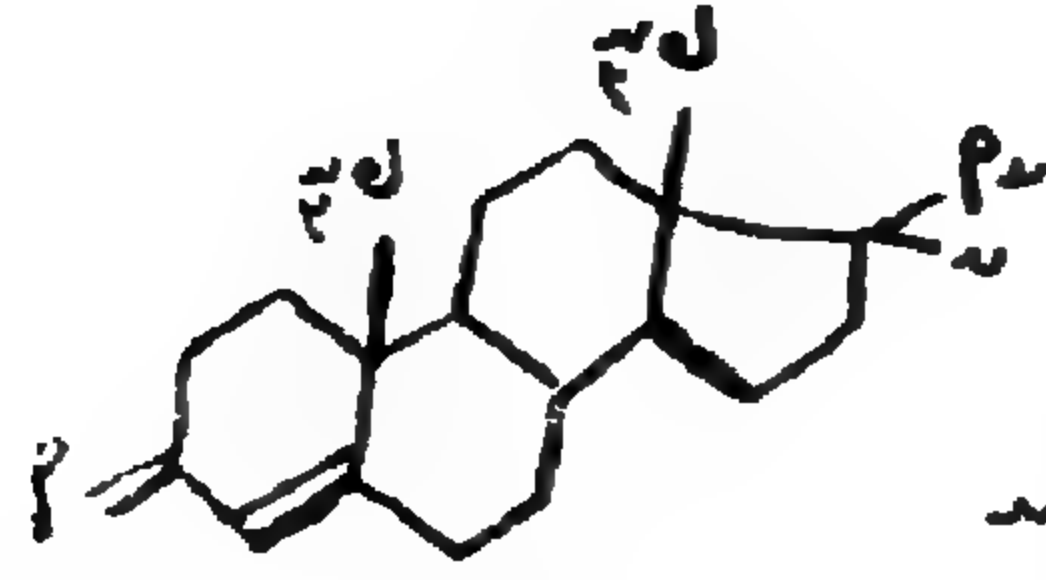
ارجوستيرول ك ٢٨ . يد ٤٣ . ايد



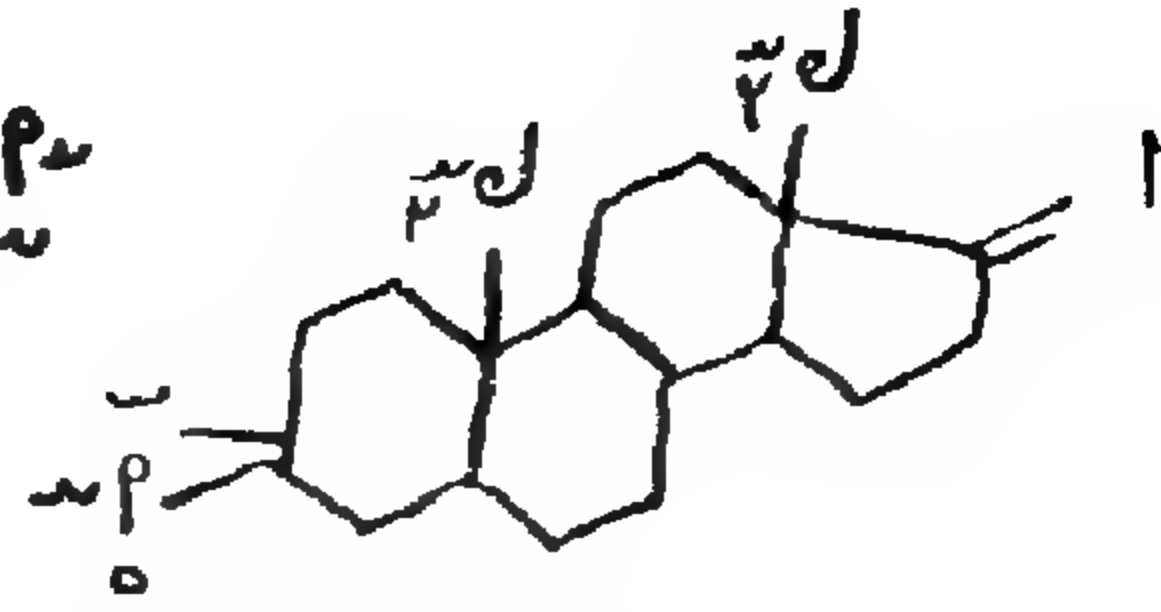
كوبروستيرون ك ٢٧ . يد ٤٧ . ايد



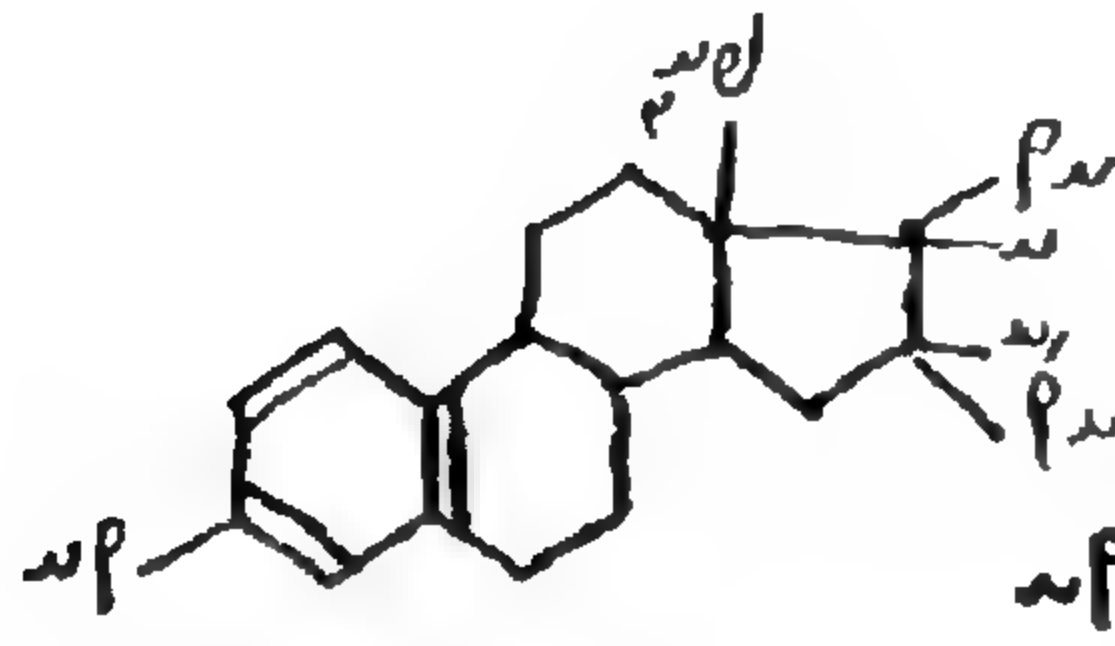
حامض كولييك ك ٢٧ . يد ٤٥ . ايد



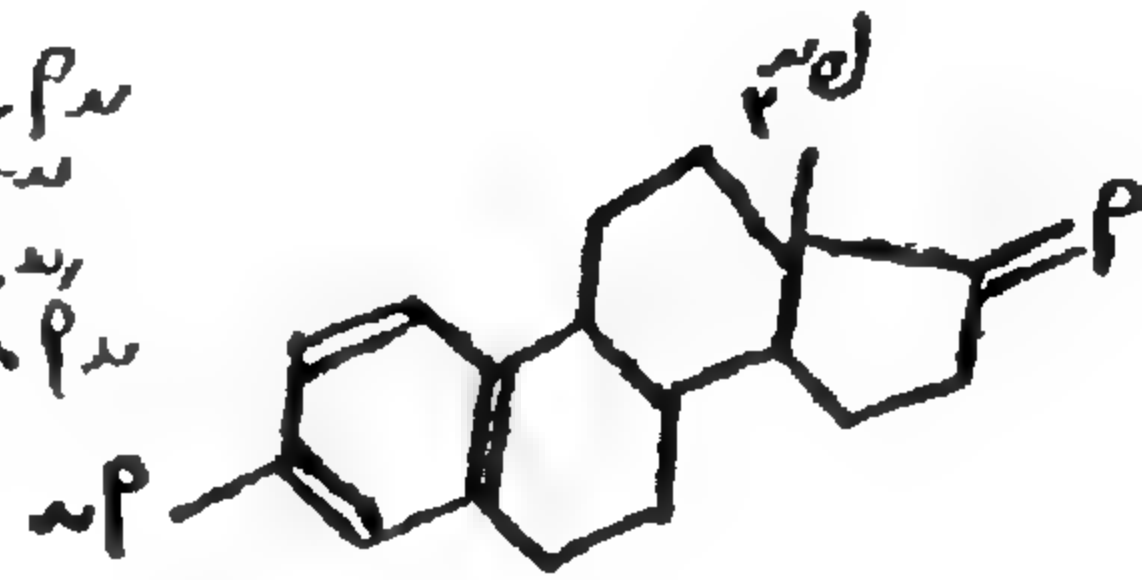
تستستيرون ك ١٩ يد ٢٨ أ
(من الخصيتين)



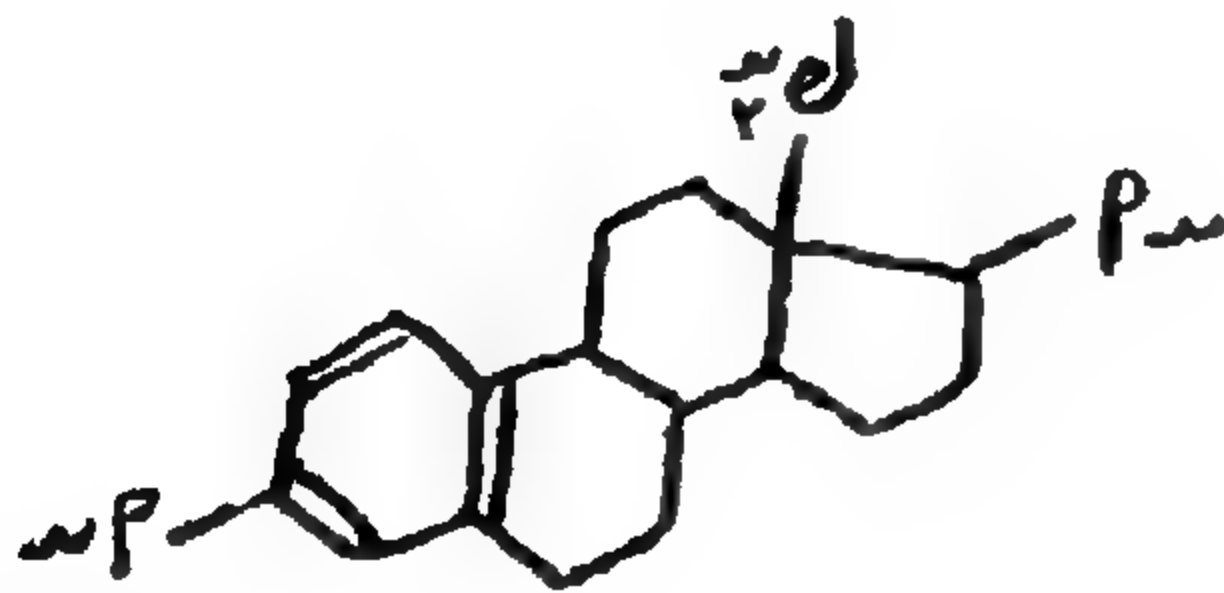
اندروستيرون ك ١٩ يد ٣٠ أ
(من بول الذكر)



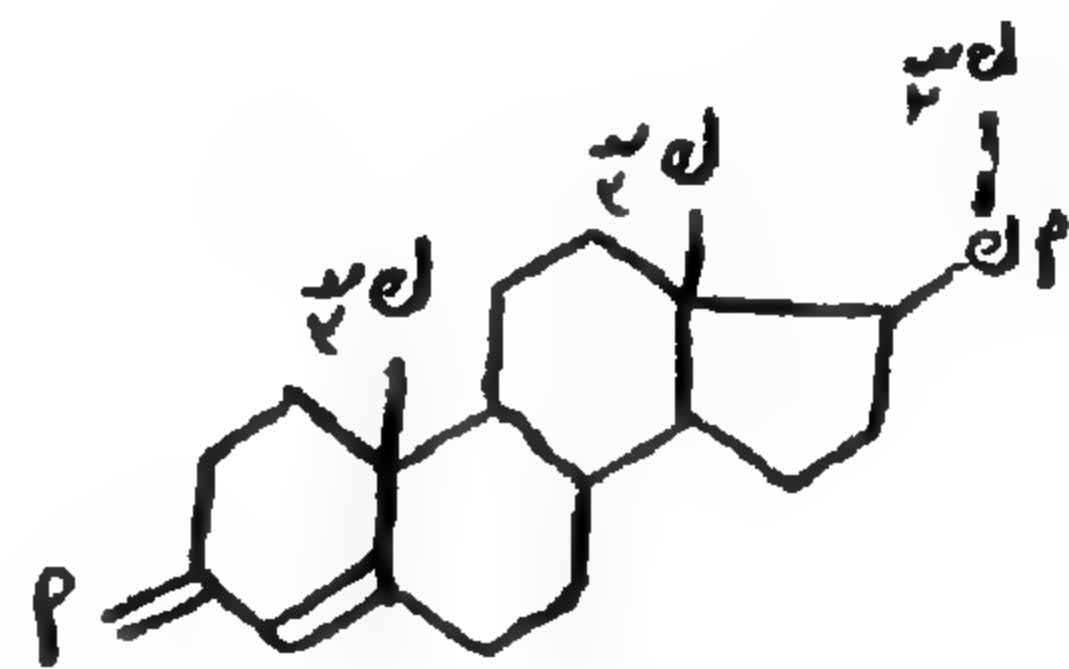
ايتريول ك ١٨ يد ٢٤ أ
(من بول الأنثى)



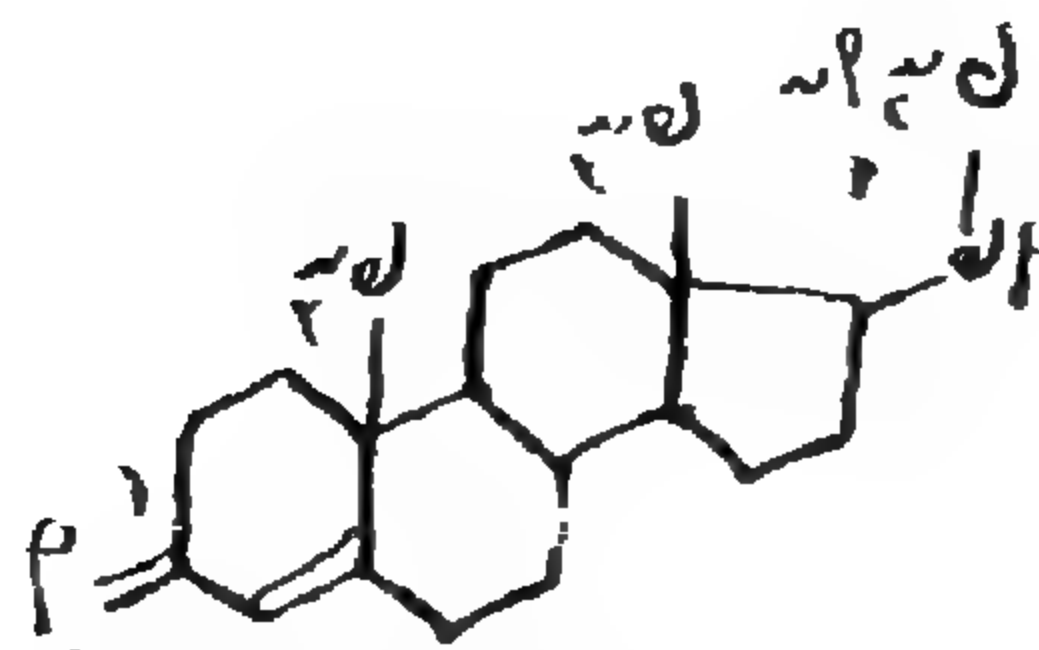
ايترون ك ١٨ يد ٢٢ أ
(من بول الأنثى)



ايترايول ك ١٨ يد ٢٤ أ
(من المبيض)



بروجستيرون ك ٢١ يد ٣٠ أ
(من الجسم الأصفر)



كورتنين (؟) ك ٢١ يد ٣٠ أ
(من قشرة الأدرينال)

إفراج الكوليسترول من الجسم : يخرج الكوليسترول بحالته المطلقة في الصفراء ثم يمتص بعضه في الدم والبعض الآخر يخرج بالبراز . ويختزل بعض الكوليسترول في طريقه إلى الخارج إلى كوبروستيرول . ويحتوى البول الطبيعى على كمية قليلة من الكوليسترول وتزداد هذه الكمية عند زيادة الكوليسترول فى الطعام ، وقد توجد فى هذه الحالة رواسب من الكوليسترول فى الأنايب الكوية . ويوجد الكوليسترول متحداً مع الأحماض الدهنية فى إفراز غدد الدهن الجلدية (sebaceous glands) وهذا الإفراز كما ذكرنا آنفاً يمنع جفاف الجلد وتشققه إذ أن إسترات الكوليسترول تمتص بمقادير كبيرة من الماء . وكذلك لا يصلح هذا الإفراز لنمو الجراثيم فىقى الجلد منها.

الباب الثاني والعشرون

التمثيل الغذائي الغير العضوى

(Inorganic Metabolism)

توجد الأملاح الغير العضوية فى جميع الأنسجة الحية . ويحتوى جسم الإنسان على ٣,٤ إلى ٤,٤ فى المائة من وزنه الكلى من الأملاح الغير العضوية. وهناك فرق أساسى بين التمثيل الغذائى لهذه الأملاح وبين التمثيل الغذائى للمواد العضوية ، فالأملاح الغير العضوية لا تتأكسد بالجسم ولا تكسبه طاقة ، فلا تدخل فى حساب الدخل أو الخرج الحرارى كالمركبات العضوية . ولكنها أساسية للبروتوبلازم ولخواصه الطبيعية الكيميائية . وإذا نقصت من الطعام سببت أعراضاً شديدة قد تؤدى إلى الوفاة . ويوجد بالجسم عدد كبير من المعادن . ولكن وظيفة كثير منها غير معروفة ، وربما وجد بعضها فى الجسم فقط نظراً لوجوده فى الطعام . وسنتكلم فى هذا الباب على أهم هذه المعادن .

(١) الصوديوم والبوتاسيوم والكلور

تمتص أملاح الصوديوم والبوتاسيوم من الأمعاء بسهولة . وفى الأحوال الطبيعية لا يوجد بالبراز إلا ١ إلى ٢ فى المائة فقط من الصوديوم الذى يؤخذ بالطعام و ٦ إلى ١٠ فى المائة فقط من البوتاسيوم . وربما كان بعض ذلك ناتجاً من إفرازات الأمعاء وليس مما يتبقى من الطعام . وأما الباقي كله فيمتص ويفرز بوساطة الكلى فى البول . ولكن فى أحوال الإسهال يقل امتصاص هذين المعدنين . وتحتوى معظم الأغذية النباتية أو الحيوانية على كمية من

من البوتاسيوم أكثر جداً من كمية الصوديوم . ولكننا نضيف كثيراً من كلورور الصوديوم إلى الطعام عند تحضيره .

وقد وجد أنه يجب أن يحتوى الطعام على هذين المعدنين . ففي تجارب على الفئران وقف النمو أو قل عندما احتوى الطعام على أقل من ٠.٣٪ من الصوديوم و ٠.١٪ من البوتاسيوم . ولكننا بحسب العادة نأخذ من كلورور الصوديوم مقادير أكثر مما يلزم للجسم . وليس هناك خوف من نقص البوتاسيوم في الطعام إذ أن موادنا الغذائية تحتوى عليه بكثرة . إما متحداً مع أحماض عضوية أو على شكل أملاح غير عضوية ، ولا يجب أن تزيد نسبة الصوديوم أو البوتاسيوم في الطعام فوق حد معين . فقد وجد أنه إذا تعاطى الشخص السليم من ٣٥ إلى ٤٠ جراماً من كلورور الصوديوم يومياً تسبب عن ذلك الأوذيميا^(١) (oedema) . وتظهر الأعراض عند تعاطى مقادير أقل من هذه في حالات أمراض الكلى أو القلب . وقد وجد أن مقادير كبيرة من كلورور البوتاسيوم — مثل ٢٥ جراماً يومياً — قد تشمل لعدة أيام ولكن في أحوال كثيرة سببت مقادير أقل من هذه الأسهال . وفي المرضى بالقلب سببت أعراضاً شديدة بالدورة الدموية . مما تقدم نستنتج أن الجسم يمكنه أن يأخذ في الغذاء مقادير مختلفة إلى حد ما وخصوصاً من كلورور الصوديوم دون أن يؤدي ذلك إلى خلل في وظائفه . وسبب ذلك أن الكلى تستطيع أن تفرز جراماً واحداً من الملح أو أربعين جراماً يومياً حسب ما يؤخذ بالطعام وبذا تبقى نسبة الملح في الجسم ثابتة وأما إذا اختلت وظيفة الكلى فيجب الإقلال من ملح الطعام بقدر الإمكان .

٢. توزيع الصوديوم والبوتاسيوم في الجسم : تكون أملاح الصوديوم

(١) الأوذيميا هي زيادة كمية السوائل المرشحة من الدم في الأنسجة . وتسبب هذه الزيادة تورم العضو بالماء وقد تتلف الخلايا من الضغط الناشئ عن ذلك . وإذا حدثت الأوذيميا بالبحر تسبب عنها صداع شديد وربما تشنجات عضلية (convulsions)

والبوتاسيوم الجزء الأكبر من الضغط الأوزموزى لسوائل الجسم وأنسجته . ولما كان هذا الضغط متساوياً في كل أنسجة الجسم وسوائله ، كانت كمية أيونات الصوديوم والبوتاسيوم على وجه التقريب موزعة بين أنسجة الجسم بحسب وجود الماء في كل منها . ولكن تختلف نسبة $\frac{\text{البوتاسيوم}}{\text{الصوديوم}}$ من نسيج إلى آخر كما تختلف النسبة في نفس الأنسجة من حيوان إلى آخر . فبينما يكون الصوديوم ٩٣ في المائة من الأيونات المعدنية في البلازما في الإنسان فإنه لا يوجد في كرات الدم الحمراء حيث يكون البوتاسيوم معظم الأيونات المعدنية بدلا منه . وأما في الأنسجة فيكثر الصوديوم في السوائل التي بين الخلايا في حين يكثر البوتاسيوم بداخل الخلايا . كما يتبين من جدول (٩) . ويوجد معظم الصوديوم والبوتاسيوم بالجسم متأينا (ionised) على شكل كلورور الصوديوم وكلورور البوتاسيوم ؛ ولكن في العظام يدخلان في تركيب رواسبه الصلبة .

جدول (٩) عن بيترز وفان سلايك

العضلات	سائل الاوذيا	كرات الدم	سيرم اندم	
مليجرام في كل ١٠٠ جم	مليجرام في كل ١٠٠ سم ^٣	مليجرام في كل ١٠٠ سم ^٣	مليجرام في كل ١٠٠ سم ^٣	
٧٩,٩	٣٣٧	٣٧,٩	٣٠,٨	الصوديوم
٣٢٠,١	٨	٣١٣,٠	١٨,٣	البوتاسيوم
٧,٥	٩,٦	٠,٠	١٠,٠	الكالسيوم
٢١,٢		٤,٨	٢,٠	المغنسيوم

ويحتفظ الجسم بنسبة الصوديوم والبوتاسيوم التي به وذلك كما قلنا لأن الكلى تفرز بالبول مقادير مماثلة لتلك التي توجد بالطعام . وينظم الهرمون كورتين الذي يفرز بواسطة قشرة الغدة فوق الكلية التمثيل الغذائى للصوديوم

والبوتاسيوم . وفي غياب هذا الهرمون يزداد إفراز الصوديوم بالبول وتقل نسبته في الدم في حين تزداد نسبة البوتاسيوم والكالسيوم والفوسفات والأزوت الغير البروتيني بالدم ، ويصحب ذلك تغيرات أخرى وأعراض شديدة مميتة منها نقص الشهية والقيء والإسهال والضعف والهبوط الجسمي ونقص في درجة حرارة الجسم وفي سرعة التمثيل الغذائي القاعدية .

وظائف الصوديوم والبوتاسيوم والكلور بالجسم: ١ — يتسبب معظم الضغط الأوزموزي لأنسجة وسوائل الجسم من أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكلور . والضغط الأوزموزي أساسي كي تتمكن الخلايا من أن تقوم بوظائفها .

٢ — ولا يتوقف تأثير عمل الصوديوم والبوتاسيوم على أنهما يكونان الجزء الأكبر من الضغط الأوزموزي للدم والأنسجة فقط . إذ أنه لو مررنا بقلب الضفدعة المفصول منها (isolated perfused heart) محلولاً من سكر القصب له نفس الضغط الأوزموزي للدم وقف نظم القلب (cardiac rhythm) في حين أنه لو كان المحلول الذي يمرر بالقلب يحتوي على الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم بنفس النسب التي توجد في بلازما الحيوان يستمر القلب في عمله عدة ساعات . ومع أن هذه القواعد لا تستعمل بأي حال من الأحوال كغذاء للقلب إلا أن وجودها بنسب مخصوصة أساسي كي يقوم القلب بدقات منتظمة . وهناك تجارب أخرى عديدة تثبت أن هذه القواعد لازمة أيضاً لعمل بقية أعضاء الجسم كالعضلات والغدد .

٣ — الصوديوم والبوتاسيوم أهم القواعد التي تحفظ تفاعل الدم ثابتاً . فقد رأينا أن كثيراً من عمليات التمثيل الغذائي تؤدي إلى تكوين أحماض قوية بالجسم . فأكسدة الكربون تولد ثاني أكسيد الكربون الذي يتحول إلى حامض الكربونيك . والتمثيل الغذائي للبروتين يولد حامض الكبريتيك وحامض الفوسفوريك بمقادير كبيرة . ويتكون حامض اللبنيك في العضلات

وكذلك في أحوال غير طبيعية تتراكم الأحماض الخلوية . ويعادل الصوديوم والبوتاسيوم هذه الأحماض ويمنعانها من زيادة تركيز الأيدروجين بالدم . وذلك لأن بعض الصوديوم والبوتاسيوم يوجد بالجسم متحداً مع حامض الكربونيك على شكل بيكربونات الصوديوم والبوتاسيوم أو مع أحماض عضوية ضعيفة مثل الهيموجلوبين وبروتين البلازما وبروتين الأنسجة . فعند ما يمر الدم بالأنسجة يأخذ منها ثاني أكسيد الكربون يتحول ثاني أكسيد الكربون إلى حامض الكربونيك ولكن هذا الحامض لا يترك بالدم بحالته المطلقة ليؤثر على أسه الأيدروجيني إنما يتعادل بالصوديوم والبوتاسيوم المتحدين مع الأحماض العضوية الضعيفة كما يرى من المعادلة الآتية :

حامض الكربونيك + هيموجلوبينات البوتاسيوم = بيكربونات البوتاسيوم + حامض الهيموجلوبينيك .

وحامض الهيموجلوبينيك حامض ضعيف التآين ولا يؤثر في الأس الأيدروجيني إلا قليلاً .

وكذلك إذا أضيف إلى الدم حامض أقوى من حامض الكربونيك مثل حامض اللبنيك تعادل مع بيكربونات الصوديوم كما يرى من المعادلة الآتية :

حامض اللبنيك + بيكربونات الصوديوم = لاكتات الصوديوم + حامض الكربونيك .

وأما حامض الكربونيك المتكون فلا يترك بالجسم بل يخرج مباشرة . في هواء الزفير .

ولهذه الأسباب قد سميت مقادير بيكربونات الصوديوم والبوتاسيوم التي توجد في الدم الشرياني باحتياطي القواعد (alkali reserve) نظراً لأنها في الواقع مخزن للقواعد بالجسم تتحد مع الأحماض القوية التي تتكون به وتمنع ضررها . وسنتكلم عنها بالتفصيل في الجزء الثاني (باب حفظ تفاعل الدم) .

٤ — يصنع حامض الكلور دريك الذي تفرزه المعدة من كلورور الصوديوم الموجود في البلازما (ص ٧٠) .

(٢) الكالسيوم

الكالسيوم أحد المعادن الأساسية للجسم . ويحتاج الشخص البالغ من ٦٥ . من الجرام إلى جرام واحد من الكالسيوم في اليوم . وأهم مصادر الكالسيوم في الطعام هي اللبن والجبن والخضروات . ويوجد الكالسيوم في الطعام في مركبات عضوية وأخرى غير عضوية . وتتحول المركبات العضوية إلى أملاح غير عضوية في القناة الهضمية قبل امتصاصها . ويقوم حامض الكلوردريك بالمعدة بهذه الوظيفة .

امتصاص الكالسيوم : يحدث الامتصاص في الأمعاء الدقيقة وخصوصاً في جزئها العلوى ، ويكون امتصاص الكالسيوم في الإنسان ناقصاً ؛ فيخرج حوالى ٧٠ في المائة من كالسيوم الطعام في البراز . وبعض كالسيوم البراز يمثل كالسيوم الطعام الذى لم يمتص وبعضه يمثل الكالسيوم الذى تخرجه الأمعاء الغليظة من الدم . ويتوقف امتصاص الكالسيوم من الأمعاء على عدة عوامل منها :

- ١ — نوع الطعام : وجد شرمان (Sherman) أن الكالسيوم الموجود باللبن يمتص بسهولة عن الكالسيوم الموجود بالخضروات .
- ٢ — تفاعل محتويات الأمعاء : كلما زادت حموضة محتويات الأمعاء زاد امتصاص الكالسيوم . وذلك لأنه إذا كان التفاعل حامضياً تحول الكالسيوم في الأمعاء إلى فوسفات الكالسيوم الحمضى — كايـد فـو ا١ — $(Ca H PO_4)$ وهو يذوب بسهولة . أما إذا كان التفاعل قاعدياً تحول الكالسيوم إلى فوسفات ثلاثى الكالسيوم — كايـد (فو ا١)٣ — $[Ca_3 (PO_4)_2]$ وإلى كربونات الكالسيوم — كايـد ا١ — وهذه الأملاح تترسب ولا تذوب .
- ٣ — كمية الفوسفات : كلما زادت كمية الفوسفات في الأمعاء قل امتصاص الكالسيوم . وذلك لتكوين فوسفات ثلاثى الكالسيوم .

٤ — كمية الدهن في الطعام : يقال أنه إذا زادت كمية الدهن في الطعام قل امتصاص الكالسيوم . وذلك لتكوين صابون من الكالسيوم والأحماض الدهنية . وهذا الصابون لا يذوب . ولكن في الغالب لا تكون لمحتويات الأمعاء الدرجة الكافية من القاعدية لتكوين الصابون (ص ٥٤٢) . ولو أنه تجريبياً قد وجد أن كثرة الدهن في الطعام تقلل امتصاص الكالسيوم وتزيد كالسيوم البراز .

٥ — وجود الفيتامين د : يساعد وجود الفيتامين د في الطعام امتصاص الكالسيوم ، وكيفية عمل الفيتامين غير معروفة . وإذا أخذت كمية كبيرة من أحد أملاح الكالسيوم الذائبة ارتفعت نسبة الكالسيوم في البلازما ، ويصل الارتفاع إلى قمته في مدة ساعتين ثم ينخفض ثانية تدريجاً إلى مستواه الأصلي في ظرف خمسة ساعات من تناول الكالسيوم . ولا يمكن أن تزداد نسبة الكالسيوم في الدم بصفة دائمة بتعاطي أملاح الكالسيوم في الطعام .

— التوازن الكالسيومي (Calcium equilibrium) : يكون الشخص في توازن كالسيومي إذا كانت كمية الكالسيوم التي يأخذها في الطعام مساوية لكمية الكالسيوم التي تخرج من الجسم في البول والبراز . والشخص البالغ السليم الذي يتعاطى مقادير كافية من الكالسيوم في الطعام يكون في توازن كالسيومي . وأما إذا زادت كمية الكالسيوم في الطعام عن الكمية التي تخرج من الجسم فيسمى الشخص في ميزان كالسيومي موجب (Positive calcium balance) ويحدث ذلك عادة في حالات النمو والحمل . وقد يحدث في الأشخاص البالغين عند ما تنقص كمية الكالسيوم في الجسم أثر نقصه من الطعام لمدة من الزمن . فإذا أعطى الكالسيوم بمقادير كافية في الطعام بعد ذلك عوض الجسم ما فقده من الكالسيوم في مدة الصيام . وكذلك يحدث في مرض طول العظام (achromegaly) .

ويكون الشخص في ميزان كالسيوم سالب (Negative calcium balance). إذا قلت كمية الكالسيوم في الطعام عن الكمية التي تخرج من الجسم . ويحدث ذلك في مرض كساح الأطفال (richets) وكساح البالغين . وفي زيادة عمل الغدة الدرقية والغدة الدرقية الجانية وفي الصيام الكلى أو الجزئي للكالسيوم . وغالبا ما يوجد في حالات الرضاعة .

توزيع الكالسيوم بالجسم : يكون الكالسيوم حوالي ٢ في المائة من الوزن الكلى للرجل البالغ و ٩٧٪ . من هذا الكالسيوم موجود في العظام . ويوجد بالعضلات حوالي ٨ مليجرامات في كل ١٠٠ جم ويحتوى سيرم الدم على ٩ إلى ١١,٥ مليجراما من الكالسيوم في كل ١٠٠ سم^٣ . ولا يوجد الكالسيوم بتاتا في كرات الدم الحمراء . ويوجد الكالسيوم في سوائل الجسم المختلفة بمقادير أقل من الموجودة بالسيرم .

كالسيوم الدم : يوجد كل كالسيوم الدم في البلازما فالكرات الحمراء خالية منه وإذا تجلط الدم كان كل الكالسيوم تقريبا في السيرم ولا تحتوى الجلطة إلا على آثار قليلة منه .

ويوجد كالسيوم السيرم على شكلين :

١ — كالسيوم قابل للانتشار (diffusible) وكميته حوالي ٥ إلى ٦,٥ مليجراما في كل ١٠٠ سم^٣ من السيرم . وهذا الكالسيوم يمر من أغشية الخلايا والأغشية الحيوانية . ويمكن تقسيمه قسمين :

(١) كالسيوم متأين (ionised) وهو حوالي ٤,٧٥ إلى ٦,٢٥ مليجراما في كل ١٠٠ سم^٣ . ولهذا القسم تأثير فسيولوجى . ويسبب نقصه أو زيادته أعراضا بالجسم .

(ب) كالسيوم غير متأين . ويوجد على شكل يشابه سترات الكالسيوم (citrate-like compound) . وهو حوالي ٠,٢٥ من المليجرامات في كل

٢ — كالسيوم غير قابل للانتشار (non-diffusible) وهو حوالى ٤ إلى ٥ ملليجراماً في كل ١٠٠ سم^٣. وهذا الكالسيوم يوجد متحداً مع بروتين البلازما ولا يمر من أغشية الخلايا ولا يتأين إلا قليلاً وليس له تأثير فسيولوجى. هذا وهناك علاقة مهمة بين كمية الكالسيوم المتأين وكمية الكالسيوم المتحد مع البروتين. فهذان النوعان من الكالسيوم يوجدان في الدم في حالة توازن تبعا للمعادلة الآتية

$$[\text{بروتين}^-] \times [\text{كا}^{++}] = \frac{10^{-10.22}}{[\text{بروتينات الكالسيوم}]}$$

وتدل هذه المعادلة عن أن العوامل التى تؤثر على أحدهما تؤثر على الآخر. فإذا قل الكالسيوم المتأين يتحول بعض كالسيوم البروتين إلى كالسيوم متأين كى يعود التوازن ثانية.

وهناك عدة عوامل تؤثر على كمية الكالسيوم في السيرم وهى :

- ١ — إفراز الغدة الدرقية الجانبية (Parathyroid hormone) فإذا استؤصلت الغدة الدرقية الجانبية من حيوان أدى ذلك إلى هبوط سريع في نسبة الكالسيوم في الدم؛ فتصبح في ظرف يوم أو يومين ٦ أو ٧ ملليجراماً في كل ١٠٠ سم^٣ بعد أن كانت من ١٠ — ١٢ ملليجراماً. وتزداد نسبة الفوسفات الغير العضوية في البلازما. ويصحب هذا التغير في كالسيوم وفوسفات الدم أعراض شديدة. فتزداد سرعة القلب كثيراً ويزداد التنفس وتزداد درجة حرارة الجسم. وتزداد فزازة الجهاز العصبي العضلي (neuromuscular irritability)؛ فتحدث ارتعاشات خيطة غير إرادية بالعضلات (fibrillary twitches) وتشنجات عضلية وانقباضات مستمرة أوتيتنوسية (tetanic) وتسبب هذه الانقباضات التيتنوسية المستمرة الاختناق والوفاة عندما تحدث بعضلات التنفس والحنجرة.
- وقد تستأصل هذه الغدة أيضاً في الإنسان — كما يحدث في عملية استئصال

الغدة الدرقية — وعندئذ تحدث أعراض مماثلة لتلك التي تحدث في الحيوانات؛ ولكن الأعراض في الإنسان غالباً تكون أقل حدة منها في الحيوانات . وإذا حقنت أملاح الكالسيوم في الوريد اختفت الأعراض ولكن لمدة مؤقتة . ولكن إذا حقنت جرعة واحدة من هرمون الغدة الدرقية الجانبية اختفت الأعراض لعدة أيام .

وإذا حقن الهرمون بمقادير كبيرة في الكلاب فإن نسبة الكالسيوم بالدم ترتفع ؛ وقد تصل إلى ٢٠ ملليجراماً في كل ١٠٠ سم^٣ ثم تنخفض قليلاً بعد ذلك ، وقد لا تتأثر نسبة الفوسفات الغير العضوية بالبالازما في اليوم الأول ولكنها ترتفع بعد ذلك . ويزداد إخراج الكالسيوم والفوسفات في البول . وتزداد نسبة البوتاسيوم والمغنسيوم والأزوت اللاپروتيني في الدم ويقل حجم الدم ، ويصحب هذه التغيرات أعراض شديدة تبدأ بضعف في الشهية وبالقئ والإسهال وهبوط في الجسم وزيادة في حجم البول ثم تنتهي هذه الأعراض بحصول نزيف في القناة الهضمية وقد يخرج الدم مع القئ أو مع البراز ثم يزداد هبوط الجسم وتختل وظيفة الكلى قبل الوفاة .

وتكون أعراض زيادة الهرمون في الحيوانات آكلة الأعشاب أقل منها في الكلاب وغالباً يحدث في هذه الحيوانات ترسيب الكالسيوم في أنسجة الجسم وخصوصاً في الشرايين . ويشق الكالسيوم الزائد في الدم والذي يخرج من الجسم بكثرة عند زيادة الهرمون من العظام ، فتقل كمية الكالسيوم بها ٢ — الفيتامين د : إذا حقن الفيتامين د بمقادير كبيرة في الجسم سبب ارتفاعاً في كالسيوم السيرم وفي الفوسفات الغير العضوية وسبب أعراضاً تشبه تماماً تلك التي تنشأ من زيادة هرمون الغدة الدرقية الجانبية ويظن أن الفيتامين د ينبه الغدة الدرقية الجانبية لإفراز هرمونها ولو أنه ليس هناك دليل قاطع على ذلك .

٣ — كمية الفوسفات الغير العضوية في البالازما : إذا زادت كمية الفوسفات

الغير العضوية بالبلازما قل كالسيوم السيرم المتأين . وذلك لتكوين الفوسفات ثلاثي الكالسيوم الذي يترسب في العظام أو يخرج من الجسم .

٤ — درجة تركيز أيونات الايدروجين في البلازما : كلما زادت حموضة البلازما زاد الكالسيوم المتأين . وفي حالات زيادة قاعدية البلازما تقل أيونات الكالسيوم ، وعندما يزيد الأس الايدروجيني عن ٧,٦ ($\text{pH} > 7.6$) تحدث انقباضات مستمرة تيتنوسية كتلك التي تتولد من استئصال الغدة الدرقية الجانبية .

٥ — كمية بروتين البلازما : إذا قل بروتين البلازما قل كالسيوم السيرم ولا تؤثر كمية الكالسيوم التي تمتص من الأمعاء أى تأثير دائم على كالسيوم السيرم إذ أنه حتى في حالة الصيام تبقى كمية الكالسيوم ثابتة مع أن الكالسيوم يخرج باستمرار في البول والبراز . ويشترك كالسيوم السيرم في الصيام من كالسيوم العظام .

وظائف الكالسيوم في الجسم :

١ — تكون أملاح الكالسيوم معظم الأملاح الغير العضوية الموجودة بالعظام والأسنان . ويوجد الكالسيوم في العظام على شكل فوسفات ثلاثي الكالسيوم وكربونات الكالسيوم مع مقادير قليلة من كلورور وفلورور الكالسيوم . وتوجد أدلة حديثة على أن هذه الأملاح توجد بالعظام والأسنان على شكل مركبات معقدة فثلا قد يكون رمزها الكيميائي $\text{Ca}_3(\text{F}_2\text{O}_4)_2$.

وليست العظام^(١) — كما يظن لأول وهلة — نسيجاً ميتاً لا يقوم إلا بوظيفة ميكانيكية كهيكل للجسم فقط . ولكنها نسيج حي تجرى فيه باستمرار تفاعلات كيميائية تشترك فيها خلايا العظام . ويمكننا أن نعتبر العلاقة بين

(١) ليس المقصود هنا نخاع العظم الذي يقوم بوظائف هامة منها صناعة كرات الدم الحمراء وإنما المقصود هو جزء العظام الصلب .

كالسيوم العظام وكالسيوم السيرم كالعلاقة بين جليكوجين الكبد وسكر الدم . فعملية تحويل كالسيوم العظام إلى كالسيوم السيرم عملية مستمرة بالجسم وقد رأينا أنه في حالة الصيام عن الكالسيوم تبقى نسبة الكالسيوم في السيرم ثابتة في حين أن مقادير كبيرة من الكالسيوم تخرج بالبول والبراز باستمرار فإذا استمر الجسم في مثل هذا الميزان الكالسيومي السالب أصبحت العظام هشّة (ostoeoporosis) . وتستعيض العظام كمية الكالسيوم بها مما يمتص من الأمعاء الدقيقة حينما يوجد الكالسيوم في الطعام .

وفضلاً عن ذلك فترسب بالعظام من الدورة الدموية بعض العناصر السامة مثل الرصاص والزرنيخ والفلورين وبذا يمتنع ضررها .

٢ — لأيونات الكالسيوم تأثير هام على فزازة الجهاز العصبي العضلي بالجسم — أي قابليته للنهيج — فتزداد الفزازة إذا قلت أيونات الكالسيوم ؛ والعكس بالعكس . وقد وجد وست (West) أن الانقباضات التيتنوسية المستمرة التي تصحب نقص أيونات كالسيوم السيرم تحدث في الحيوان بعد قطع نخاعه الشوكي في أعلى الجزء الصدري ، مما يثبت أنها لا تعتمد في حدوثها على المراكز العصبية العليا بالمخ ووجد أيضاً أنها تختفي بعد قطع الجذور الخلفية الشوكية (dorsal roots) . وقد وجد أحدنا أنه إذا قلت أيونات الكالسيوم في نهايات الأعصاب الحساسة (sensory nerve endings) زادت فزازتها إلى حد كبير وأرسلت اشارات عصبية كثيرة جداً في الأعصاب الحساسة لأقل تنبيه خارجي . وإذا رسبت أيونات الكالسيوم بوساطة أو كسالات الصوديوم استمرت نهايات الأعصاب الحساسة تعمل بلا انقطاع لعدة ساعات مرسلّة إشارات عديدة إلى النخاع الشوكي . وثبتت هذه التجارب أن هذه الانقباضات التيتنوسية المستمرة تنشأ معظمها ، ان لم يكن كلها ، من فعل منعكس نتيجة تأثير نقص أيونات الكالسيوم على نهايات الأعصاب الحساسة . وفضلاً عن ذلك فلنقص أيونات الكالسيوم تأثير على فزازة باقى الجهاز

العصبي وعلى العضلات نفسها ويستدل على ذلك بحدوث انقباضات خيطية بالعضلات (fibrillary) حتى بعد قطع الجذور الخلفية الشوكية وكذلك بأن قوة التيار الكهربائي الذي يلزم لتنبيه العضلة أو العصب تقل مع قلة أيونات الكالسيوم وتزداد مع زيادتها . نستنتج مما تقدم أن وجود نسبة مخصوصة من أيونات الكالسيوم أساسية جداً لتنظيم فزارة الجهاز العصبي العضلي .

٣ — تقوم أيونات الكالسيوم بدور هام في تجلط الدم وفي تجنب اللين فإذا رسبت أيونات الكالسيوم بوساطة أوكسالات الصوديوم لا يتجلط الدم ولا يتجنب اللين .

٤ — لأيونات الكالسيوم أهمية عظيمة في نظم القلب (cardiac rhythm) فقد وجدنا في (ص ٢٨٥) أن قلب الضفدعة يدق بانتظام لعدة ساعات بعد فصله من الجسم إذا مررنا به محلولاً يحتوي على أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم بنسبة وجودها في سيرم الحيوان . وإذا أنقصت أيونات الكالسيوم من هذا المحلول وقفت ضرباته بعد برهة وجيزة وأصبحت عضلة القلب مرتخية . وكذلك إذا زادت نسبة أيونات الكالسيوم وقفت الضربات ولكن تبقى عضلة القلب منقبضة . يستدل من ذلك على أن أيونات الكالسيوم أساسية لنظم القلب وتنبيه حالة الانقباض . ولشدة حساسية عضلة القلب لدرجة تركيز أيونات الكالسيوم قد استعملت عضلة القلب حديثاً كطريقة حيوية (biological method) لتقدير كمية الكالسيوم المتأين في السيرم أو في المحاليل الحيوية الأخرى التي تحتوي على خليط من الكالسيوم المتأين والغير المتأين .

٥ — تنظم أيونات الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم قابلية النفاذ (permeability) للأغشية الحيوية . وتقل أيونات الكالسيوم قابلية النفاذ في حين تزيدها أيونات الصوديوم والبوتاسيوم . وتستعمل أملاح الكالسيوم الآن كثيراً في علاج الأوذما إذ تقلل من رشح السوائل من البلازما إلى الأنسجة .

إفراج الكالسيوم من الجسم: قد رأينا أن ٧٠ في المائة تقريبا من كالسيوم الطعام يخرج في البراز وبعض هذا الكالسيوم يمثل ما تبقى من الطعام بدون امتصاص وبعضه يخرج من الدم بوساطة الأمعاء الغليظة . ويخرج باقى الكالسيوم من الجسم فى البول . وإذا زاد تكون الأحماض فى الجسم زادت نسبة الكالسيوم التى تخرج بالبول وأما إذا زادت القواعد زادت نسبة الكالسيوم التى تخرج بالبراز . ولذلك فإن الحيوانات آكلة اللحوم^(١) تخرج معظم الكالسيوم فى البول وأما الحيوانات آكلة الأعشاب فتخرج معظم الكالسيوم فى البراز .

(٣) الفوسفور

يوجد الفوسفور فى الغذاء فى اللبن وفى كل الخلايا الحيوانية والنباتية ؛ إما على شكل أملاح غير عضوية وإما على شكل مركبات عضوية ، فيدخل فى تركيب البروتين النووى ، والفوسفوروتين — مثل كازينوجين اللبن وزلال البيض (ovalbumin) — والفسفوليبيد مثل الليسيثين . ويوجد فى عدة مركبات عضوية وغير عضوية فى اللحم .

امتصاص الفوسفور : يمتص الفوسفور فى الأمعاء الدقيقة . وتساعد الامتصاص كل العوامل التى تزيد ذوبان الفوسفات فى الأمعاء ، ومنها

١ — كمية الكالسيوم : إذا زادت كمية الكالسيوم قل امتصاص الفوسفات ، وذلك لترسيب فوسفات ثلاثى الكالسيوم .

٢ — تفاعل محتويات الأمعاء : تزيد الحموضة امتصاص الفوسفات ، كما فى حالة الكالسيوم ولنفس الأسباب . فى حين تقلل القاعدية الامتصاص .

(١) يتكون من التمثيل الغذائى للبروتينات كميات كبيرة من حامض الكبرينيك والفوسفوريك بالجسم . وتحتوى الأغذية النباتية على كميات كبيرة من القواعد (أنظر باب تفاعل الدم بالجزء الثانى) .

٣ — كمية الدهن : يقول كثيرون أنه إذا زادت كمية الدهن قل امتصاص الكالسيوم (ص ٢٨٨) وزاد امتصاص الفوسفات . ولكن وجد في بعض التجارب أنه إذا احتوى الطعام على كمية كبيرة جداً من الدهن قل امتصاص كلا الكالسيوم والفوسفات .

٤ — فيتامين د . وجود الفيتامين د يساعد امتصاص الفوسفات ، كما يساعد امتصاص الكالسيوم .

ومن البديهي أن العوامل التي تساعد امتصاص الفوسفات لها نفس أهمية العوامل التي تساعد امتصاص الكالسيوم في منع مرض الكساح . فقد أمكن تجريبياً إصابة الحيوانات بالكساح بإعطائها طعاماً يحتوي على كميات عادية أو أكبر من العادية من الكالسيوم ولكن كمية الفوسفات به قليلة . وقد أمكن أيضاً منع الكساح أو شفاؤه بإضافة فوسفات البوتاسيوم الحمضى إلى الطعام .

توزيع الفوسفور في الجسم : يحتوي جسم الرجل البالغ على ٧٠٠ جرام من الفوسفور تقريباً ، ٦٠٠ منها توجد في الهيكل العظمي ، و ٥٧ في العضلات و ٥ في المخ ، و ٢ في الدم ، والباقي موزع على بقية أنسجة الجسم .
فوسفور الدم : يوجد في كل ١٠٠ سم^٣ من البلازما من ٢ إلى ٥ ملليجراما من الفوسفور على شكل فوسفات غير عضوية . وتزيد هذه النسبة في الرضيعين إلى ٤ — ٧ ملليجراما . وتحتوي البلازما أيضاً على ٦ إلى ١٣ ملليجراما من الفوسفور العضوى في كل ١٠٠ سم^٣ . وفضلاً عن ذلك فتوجد مقادير كبيرة من الفوسفور في الكرات (من ٤٧ إلى ١١٤ ملليجراما في كل ١٠٠ سم^٣) . ومعظم فوسفور الكرات ، إن لم يكن كله ، يدخل في تركيب مركبات عضوية كالفسفولبيد وإسترات الفوسفات .

مركبات الفوسفور الغير العضوية بالجسم ووظائفها :

١ — تكوين العظام : سبق أن ذكرنا أن الجزء الأكبر من رماد العظام يتكون من فوسفات ثلاثي الكالسيوم ولترسيب هذا الملاح في العظام يجب أن

تكون نسبتاً أيونات الفوسفات والكالسيوم في الدم طبيعيتين . وكيفية ترسيب هذا الملح في العظام من الدم غير معروفة الآن تماماً . ومن ضمن العوامل المهمة هو وجود الخيرة فوسفاتيز في العظام . وهذه الخيرة تحلل إسترات الفوسفات العضوية — مثل فوسفات الهكسوز وفوسفات الجليسيرول (glycerophosphate) — وينتج عن هذا التحليل فوسفات غير عضوي وبذا تزيد نسبة أيونات الفوسفات وأيونات الكالسيوم فوق درجة التشبع فيترسب فوسفات ثلاثي الكالسيوم في العظام .

٢ — تنظيم كمية أيونات الكالسيوم بالدم : قد وجدنا في الكلام عن الكالسيوم أن تغيير نسبة أيونات الكالسيوم في الدم ، سواء بالزيادة أو بالنقصان يؤدي إلى أعراض شديدة مميتة وأن هناك عدة عوامل تؤثر على هذه النسبة منها كمية أيونات الفوسفات في الدم .

٣ — حفظ تفاعل الدم : توجد الفوسفات الغير العضوية بالدم على هيئة ص يد_١ فو_١ و ص_٢ يد_٢ فو_٢ . وإذا تكونت الأحماض في كثرة في الجسم اشتركت هذه الأملاح في معادلتها وفي حفظ الأس الايدروجيني للدم ؛ كما يتبين من المعادلة الآتية :

يد_٢ ك_١ + ص_٢ يد_٢ فو_٢ = ص يد_١ ك_١ + ص يد_٢ فو_١ ؛
ومع أن أملاح الفوسفات الغير العضوية من أحسن المواد الحافظة لتفاعل الدم (buffers) إلا أنها توجد بمقادير قليلة تجعلها أقل أهمية من هذه الواجهة من المواد الأخرى مثل بيكربونات الصوديوم والهروتين

ولكن أهمية الفوسفات الغير العضوية تتوقف على ناحية أخرى وهي ناحية اخراجها في البول . فعند الأس الايدروجيني ٧٫٤ — وهو تفاعل الدم الطبيعي — يوجد ٢٠ ٪ من الفوسفات على شكل ص يد_٢ فو_٢ . في حين أنه عند الأس الايدروجيني ٦ — وهو تفاعل البول الطبيعي — يكون ص يد_٢ فو_٢ ٨٥ في المائة من فوسفات البول الغير العضوية . وتزداد نسبة

ص يد_٢ فو_١ في البول عن ذلك كلما زاد تكون الأحماض بالجسم . وكل
جزء من ص يد_٢ فو_١ يخرج في البول بدلا من جزء ص_٢ يد_١ فو_١ الذي
يوجد بالدم يوفر للجسم جزئيا من ص يد_٢ فو_١ ؛ ويزيد من احتياطي القواعد
بالجسم . ويتكون بيكربونات الصوديوم من تفاعل يحدث في الكلى بين حامض
الكربونيك وفوسفات الصوديوم القاعدي على حسب المعادلة السابقة .
وبيكربونات الصوديوم الذي يتكون يمتص ثانية إلى الدم بوساطة الأنايب
الكلوية في حين يخرج فوسفات الصوديوم الحمضي في البول .

وفضلا عن ذلك فإن كمية الفوسفات الغير العضوية تزداد بالبول في
حالات زيادة الحموضة الدموية مما يساعد على حفظ تفاعل الجسم . وهذه
الزيادة لا تشتق فقط من الفوسفات الغير العضوية بالدم بل تشتق أيضا من
مركبات الفوسفات العضوية بالدم والأنسجة وتحدث حتى في حالة الصيام .
٤ — التمثيل الغذائي لمائيات الكربون : سبق أن رأينا (ص ٢٣٠) أن
استعمال الجليكوجين بالعضلات يحدث عن طريق خطوات متوسطة مكونة
من اتحاد الهكسوز وال تريوز مع الفوسفات الغير العضوية . وقد رأينا أيضا
أن فوسفات الهكسوز يكون خطوة متوسطة في امتصاص الهكسوز
من الأمعاء الدقيقة . وفضلا عن ذلك فانه إذا أعطى الجلو كوز نقصت كمية
الفوسفات الغير العضوية في الدم والبول في حين تزداد كميتها في العضلات
والكبد . وعندما ترجع كمية الجلو كوز في الدم إلى حالتها الطبيعية ترتفع
كمية الفوسفات في الدم ثانية وتخرج بالبول الفوسفات التي حفظت بالجسم
وقت استعمال الجلو كوز . ولا يؤثر اعطاء الجلو كوز على فوسفات الدم أو
البول في الحالات المتقدمة من مرض البول السكري . ويتضح من ذلك أن
الفوسفات الغير العضوية بالدم لها دخل في عملية أخذ الجلو كوز من الدم
بوساطة الأنسجة .

مركبات الفوسفور العضوية بالجسم ووظائفها :

١ — يدخل الفوسفور في تركيب مركبات عضوية أساسية للبروتوبلازم منها البروتين النووي في نوايا الخلايا (ص ٢١١) . والفسفوليبيد في جميع الأنسجة وخصوصاً الجهاز العصبي وأغشية الخلايا . والفسفوليبيد خطوة متوسطة في نقل واستعمال الأحماض الدهنية بالجسم (ص ٢٦٥) . والسفالين (cephalin) — أحد الفسفوليبيد — أساسى لتجلط الدم على حسب نظرية هاول (Howell) .

٢ — يوجد بالعضلات عدة مركبات عضوية للفوسفور منها الفوسفاجين ويقوم بدور هام — إن لم يكن بالدور الأول — في انقباض العضلات (ص ٢٠٣) . وإسترات فوسفات الهكسوز والتريوز وهى خطوات متوسطة في تحويل الجليكوجين إلى حامض اللبنيك . والأدينيل يروفوسفات ، ويعمل في العضل كمساعد للخميرة ميوزيميز . فضلا عن أنه ينقل الطاقة بين عملية تحليل الجليكوجين إلى حامض اللبنيك وعملية صناعة الفوسفاجين ثانية بعد تحليله وقت انقباض العضلات (١) .

٣ — تقوم إسترات الفوسفات العضوية كما رأينا بدور هام في ترسيب فوسفات ثلاثى الكالسيوم فى العظام . وفى حفظ تفاعل الدم .

٤ — تعمل مركبات الفوسفور العضوية فى الخلايا كحوافظ (buffers) لتفاعلها . وذلك لأن بعض المجموعات الحامضية لحامض الفوسفوريك لا تكون متحدة مع مجموعات عضوية بل تكون متحدة مع قواعد قوية مثل البوتاسيوم وقد تستعمل هذه القواعد فى معادلة أحماض قوية تتكون بالأنسجة وقت عملها كحامض اللبنيك ومن ضمن المواد الفوسفورية التى قد يكون لها هذه الوظيفة الحامض النووى والنيوكليوتيدات والنيوكليوسيدات.

(١) أنظر باب التغيرات الكيميائية التى تحدث بالعضلات وقت انقباضها بالجزء الثانى .

صناعة مركبات الفوسفور العضوية بالجسم : يقدر الجسم أن يصنع كل مركبات الفوسفور العضوية التي سبق ذكرها من الفوسفات الغير العضوية . فقد أمكن تربية الفئران لعدة أجيال على طعام لا يحتوى إلا على الفوسفات الغير العضوية فقط . وقد عملت مثل هذه التجارب على البط ووجد أنه نما نمواً طبيعياً وباض من ٨٥ إلى ١٩٥ بيضة في أول صيف له . ومن البديهي أن المركبات العضوية الفوسفورية لأنسجة الجسم النامي وتلك التي توجد في البيض وهي الليسيثين والفوسفوبروتين قد صنعت من الفوسفات الغير العضوية الموجودة بالطعام . وقد ذكرنا عدة أدلة في صفحة (٢١٦) تثبت أن الحامض النووي يمكن أن يصنع في الجسم .

افراج الفوسفور من الجسم : تخرج الفوسفات من الجسم في البول والبراز . وفي الرجل البالغ يخرج ثلثا الفوسفات في البول والثلث الآخر في البراز . ومعظم فوسفات البول والبراز مركبات غير عضوية . ويخرج بول الرجل السليم البالغ من ٩.٠ إلى ٦ جرامات من (ف١) في اليوم . وتتوقف الكمية على كمية الفوسفات في الطعام . ولكن حتى في الصيام التام يستمر إفراز الفوسفات في البول ويشترك في هذه الحالة من مركبات الفوسفور الموجودة في الأنسجة ومن العظام . وتزداد كمية الفوسفات في البول في حالات الحموضة الدموية (acidaemia) .

٤) المغنسيوم

يوجد المغنسيوم بمقادير قليلة في كل الخلايا النباتية والحيوانية . ويوجد في العظام مرسباً على هيئة كربونات المغنسيوم وفوسفات ثلاثي المغنسيوم . وتكوّن أملاح المغنسيوم حوالي ٢ في المائة من رماد العظام . أي أن كميته بالعظام أقل كثيراً جداً من الكالسيوم . ولكنه يوجد بالعضلات والجهاز

العصبي بمقادير تساوى تقريباً ضعف مقادير الكالسيوم بها (جدول ٩)
وتحتوى البلازما فى الإنسان على ١ إلى ٣ ميلليجرام من المغنسيوم فى كل
١٠٠ سم^٣. ويوجد المغنسيوم أيضاً فى كرات الدم بمقادير أكثر من تلك
التي توجد فى البلازما .

وتقوم أيونات المغنسيوم فى الجسم بدور هام كمساعدات للخلايا فى
عمليات الأكسدة والاختزال وكذلك فى عمليات اتحاد الجزئيات مع
الفوسفات (phosphorylation) .

وقد وجد أنه إذا كان طعام الفئران البيض فقيراً جداً فى المغنسيوم
تسبب عن ذلك أعراض شديدة منها انقباضات عضلية تيتنوسية تؤدي إلى
الوفاة (magnesium tetany) . وينقص مغنسيوم الدم فى هذه الحالات جداً .
وقد وصفت حالات مشابهة لهذه فى الماشية ولكن ليس هناك دليل على
إمكان حدوث مثل هذه الأعراض فى الإنسان إذا نقص المغنسيوم فى
غذائه . وربما كان ذلك لأن ما يحتاجه الجسم من هذا المعدن قليل جداً .
فاللبن آدمى مثلاً يحتوى على مقادير قليلة جداً ومع ذلك لا تحدث أعراض
نقص المغنسيوم فى الطفل الرضيع النامى .

وتمتص أملاح المغنسيوم من الأمعاء الدقيقة ويساعد امتصاصها العوامل
التي تساعد على ذوبانها وهى مماثلة للعوامل التي ذكرت فى امتصاص الكالسيوم
ويخرج ٥٠ إلى ٨٠ فى المائة من المغنسيوم فى البراز . ويخرج الباقي فى البول .

(٥) الحديد

الحديد أحد المعادن الأساسية إذ أنه يستعمل فى صناعة الهيموجلوبين .
ويوجد الحديد فى الخضروات والبقول والفواكه وفى السمك والدجاج وصفار
البيض . ويحتاج الشخص البالغ ١٥ ميلليجراماً من الحديد يومياً . وتقدر كمية
الحديد التي تلزم للأطفال بمقدار ٥,٥ إلى ٦,٥ من المليجرام فى اليوم لكل
كيلوجرام من وزن الجسم .

امتصاص الحديد : يمتص الحديد من كل الأمعاء ولكن يحدث أكثر امتصاصه في جزئها الأعلى . وقد كان هناك اعتقاد قديم بأن مركبات الحديد العضوية كالهيموجلوبين هي أحسن مركبات الحديد للامتصاص . ولكن قد ظهر خطأ هذا الرأي إذ أن الحديد الموجود في الهيماتين لا يتكسر منه بواسطة الخناثر الهضمية ولا يمتص بتاتا . وقد وجد أن أملاح الحديد الذائبة الغير العضوية هي أحسنها من وجهة الامتصاص . وتحتزل أملاح الحديد في القناة الهضمية إلى أملاح الحديدوز . ويظن أنها تمتص على هذا الشكل . ويقوم حامض الكلورودريك المعدي بدور هام في امتصاص الحديد إذ أنه يفصل الحديد من بعض مركباته في الطعام ويساعد تحويله إلى أملاح الحديدوز . ففي حالات الأنيميا (فقر الدم) التي يصحبها عدم إفراز حامض الكلورودريك المعدي قد وجد أن لأملاح الحديدوز تأثيراً نوعياً (specific effect) في العلاج والشفاء ؛ في حين لا تظهر فائدة كبيرة لإعطاء أملاح الحديدك ، مع أن أملاح الحديدك الغير العضوية — مثل كلورور الحديدك — تمتص بسهولة في الشخص العادي .

توزيع واستعمال الحديد بالجسم : يمتص الحديد إلى الدم مباشرة . ويختفي من الدم بسرعة بعد الامتصاص ، إذ أنه يخزن في الكبد وبمقادير قليلة في الطحال والكلى . ويمكن زيادة الحديد في هذه المخازن إذا أعطى الحديد في الطعام بكثرة أو إذا حقن في الجسم .

وتحتوى البلازما على آثار من الحديد (من ١ر. إلى ٣ر. من المليلجرام في كل ١٠٠ سم^٣) ويوجد معظم حديد الجسم في كرات الدم الحمراء فيحتوى الدم على ٤٥ إلى ٥٠ ميلليجراماً في كل ١٠٠ سم^٣ . و ٩٦٪ من حديد الدم يدخل في تركيب الهيموجلوبين . والجزء الباقي يدخل في تركيب مواد أخرى في كرات الدم الحمراء والبلازما . وتوجد مقادير قليلة من الحديد في العضلات داخلية في تركيب الهيموجلوبين العضلي (myohaemoglobin) .

وكذلك في جميع الأنسجة الحية حيث يدخل في تركيب السيتوكروم (cytochrome) .

وإذا نقص الحديد من الطعام قلت صناعة كرات الدم الحمراء بوساطة نخاع العظام وتسبب عن ذلك الأنيميا . فقد أمكن إصابة الحيوانات بالأنيميا بإعطائها طعاماً خالياً من الحديد أو يحتوى على مقادير قليلة منه كالخبز واللبن ثم أمكن شفاؤها ثانية بإعطاء الحديد في الطعام .

وتظهر الأنيميا عادة في الأطفال الرضيعين بعد الشهر الرابع من الولادة وذلك لأن اللبن لا يحتوى إلا على مقادير قليلة منه . ولا تحدث الأنيميا قبل ذلك إذ أن الطفل يولد وفي جسمه مقادير كبيرة من الحديد . ولذلك يستحسن أن يعطى الأطفال الرضيعين بعد الشهر الثالث شربة خفيفة مصنوعة من الخضروات أو من مواسير العظام . ويحافظ الجسم بقدر الإمكان على كميات الحديد التي به فلا يخرج منها إلا مقادير قليلة جداً — بضعة ملليجرامات في اليوم — وذلك لأن الحديد الذي ينتج من تكسير كرات الدم الحمراء القديمة يخزن معظمه في الجسم في الكبد والطحال ليستعمل مرة أخرى في بناء الهيموجلوبين . وقد سبق أن ذكرنا (ص ٩٥) أن الكرات الحمراء القديمة تتكسر في كل خلايا الجهاز الشبكي الاندوثليومى .

وإذا أخذت مقادير كبيرة من الحديد في الطعام فإنها لا تدعو إلى زيادة في صناعة كرات الدم الحمراء ولكن تخزن بالجسم لتستعمل عندما ينقص الحديد من الطعام .

فوائد مركبات الحديد بالجسم : ليس هنا مجال الكلام عما يقوم به الهيموجلوبين في عملية التنفس إذ أن لذلك فصلاً آخر بالجزء الثانى ويكفى هنا أن نقول أن الهيموجلوبين هو أهم المركبات الكيميائية التي توجد بالجسم . وذلك لأنه يقوم بحمل الأوكسيجين من الرئتين إلى الأنسجة كما يقوم بالدور

الأول في حمل ثاني أكسيد الكربون من الأنسجة إلى الرئتين . ولو أن طريقة عمله في الحالتين مختلفة . ويقوم السيتوكروم بدور هام في عمليات الأكسدة والاختزال في الأنسجة وسنتكلم عنه أيضاً فيما بعد .
إفراج الحديد : يخرج كل الحديد تقريباً بوساطة الأمعاء الغليظة في البراز وتوجد مقادير قليلة جداً منه في البول وفي الصفراء .

(٦) النحاس

يوجد النحاس بمقادير قليلة جداً في أنسجة الحيوانات والنباتات . ويحتاج الشخص البالغ حوالي ميلليجرامين من النحاس يومياً . وقد ظهر حديثاً أن وجود النحاس في الغذاء ضروري لصناعة الهيموجلوبين في الجسم ولو أنه لا يدخل في تركيبه . فقد أعطيت الفئران طعاماً ينقصه الحديد وتسبب عن ذلك أصابتها بالأنيميا كما ذكرنا سابقاً . ثم أضيف إلى الطعام أملاحاً نقية من الحديد فلم تدع إلى الشفاء . ولكن حينما كانت أملاح الحديد غير نقية أو حينما أضيفت إلى الأملاح النقية آثار قليلة من النحاس تم شفاء هذه الحيوانات . ويمكن استبدال النحاس بالمنجنيز ولو أن تأثيره أقل من تأثير النحاس . ويظن أن النحاس يؤدي وظيفته كعامل مساعد في صناعة الهيموجلوبين في نخاع العظام . ويوجد بدم الثدييات مقادير قليلة من النحاس (٠,٥ إلى ٠,٥ من الميلليجرام في كل ١٠٠ سم^٣) ويخزن النحاس في السكبد حيث يوجد بها حوالي ميلليجرامان في كل ١٠٠ جرام . ويقال إن جسم الرجل البالغ يحتوي على ١٠٠ إلى ١٥٠ ميلليجراماً من النحاس .

هذا ويدخل النحاس في تركيب الهيموسيانين (haemocyanin) الموجود في الحيوانات القشرية (Crustacia) ويقوم هذا المركب في هذه الحيوانات بحمل الأوكسيجين . ويعادل الهيموجلوبين الموجود في الحيوانات العالية . ولون الهيموسيانين المؤكسد أزرق ولكن المركب المختزل لا لون له .

(٧) المنجنيز

يوجد المنجنيز في أنسجة الحيوان والنبات ويقوم بدور هام في عمليات الأكسدة والاختزال بالجسم . ويقال أيضا أنه يساعد عمل الخميرة أرجينيز وقد سبق أن ذكرنا أن المنجنيز قد يساعد تكوين الهيموجلوبين في نخاع العظام . وتحتوى كبد الانسان على ٠,١٥ من المليلجرام بكل ١٠٠ جرام تقريبا . وتحتوى بقية الأنسجة على مقادير أقل من ذلك . وقد وجد أن نقص المنجنيز من طعام الفئران لمدد طويلة يسبب العقم سواء في الذكور أو في الاناث .

(٨) اليود

اليود أحد المعادن التي يلزم وجودها في الطعام . ولو أن كل ما يحتاجه الشخص في اليوم هو حوالى ٠,٠٠٢ من المليلجرام لكل كيلوجرام من وزن الجسم . ويمتص اليود بسهولة من الأمعاء . ويوجد في أنسجة الجسم بمقادير قليلة جداً فيما عدا الغدة الدرقية التي تستعمله لتكوين الهرمون ثيروكسين . وإذا نقص اليود من الطعام تضخمت الغدة الدرقية وقل افرازها ونشأت عن ذلك أعراض نقص هذه الغدة . وقد كان هذا المرض منتشراً في بعض الجهات في سويسرا وغيرها من البلاد التي تكون كمية اليود في الغذاء والماء بها قليلة ولكن قد منع حدوث هذا المرض بإضافة قليل من اليود إلى ماء الشرب أو ملح الطعام .

(٩) الزنك

الزنك أحد المعادن الأساسية للنبات والحيوان ويوجد معظم الزنك في الحيوان في الكبد والبنكرياس ويخرج الانسان حوالى عشرة ملليجرامات

يوميًا في البراز ويحتوى البول على ميللجرام واحد تقريباً . وقد وجد أن نقص الزنك من طعام الفئران يسبب نقصاً في سرعة نموها ويقلل من متوسط عمرها .

ووجد أن الهرمون إنسولين النقي على شكل بلورات يحتوى على ٥٠٪ من الزنك وقد يكون لوجود الزنك علاقة بعمل هذا الهرمون وربما أيضاً بعمل هرمونات الفص الأمامى للغدة النخامية .

١٠) الفلور

كثيراً ما يعتبر الفلور من العناصر الأساسية ولو أن ما يحتاجه الجسم منه قليل جداً . ويدخل الفلور في تركيب رماد العظام والأسنان . هذا وقد وجد حديثاً أن الفيران قد تنمو نمواً طبيعياً ولا يتأثر تكوين عظامها وأسنانها إذا كان الطعام خالياً من الفلور وعلى ذلك فليس من المؤكد إن كان الفلور عنصراً أساسياً أم لا .

الباب الثالث والعشرون

البول

(Urine)

ينتج عن التمثيل الغذائى عدة فضلات قد مر ذكرها فى الأبواب السابقة .
وهذه الفضلات لا تتراكم بالجسم ؛ إذ أن كثيراً منها سام . ويتخلص الجسم
من هذه الفضلات بوساطة الرتين والكلى والأمعاء الغليظة والجلد .

ويتخلص الجسم عن طريق الرتين من الفضلات الطيارة (volatile) مثل
ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء . وكذلك يخرج فى هواء الزفير بعض
المواد الطيارة الأخرى التى قد تؤخذ فى الطعام مثل الكحول أو قد تكون
بالجسم مثل الأسيتون . ويخرج فى البراز بعض الماء والمعادن وأصبغ الصفراء
ومواد أخرى قد سبق ذكرها (ص ١٠٩) . وأهم المواد التى تخرج فى العرق
هو الماء ووظيفة العرق الحقيقية هى فى حفظ درجة حرارة الجسم . والعرق
عبارة عن محلول ضعيف من كلورور الصوديوم فى الماء . وبه كميات قليلة
من أملاح أخرى ومن البولينا . وكشافته النوعية من ١٠٠٢ إلى ١٠٠٣ .
واسه الإيدروجينى من ٥,٢ إلى ٧,٣ وتتراوح نسبة كلورور الصوديوم به
بين ٠,٢ و ٠,٥ . فى المائة . ويزيد المجهود الرياضى تركيز العرق . والعرق
الذى تفرزه أجزاء الجلد المغطاة بالملابس يكون أكثر تركيزاً من ذلك
الذى يخرج من الأجزاء العارية . وكمية الأذوت التى تخرج بالعرق قليلة
ويمكن إهمالها ولكن إذا كان العرق غزيراً فقد تصل إلى ٠,٢٢ من الجرام
فى الساعة . وفى حالات العرق الشديد — كما يحدث عند القيام بمجهود
رياضى شديد وخصوصاً فى الجو الحار — يفقد الجسم عن طريق العرق
كميات كبيرة من كلورور الصوديوم . ويؤثر ذلك على نسبة كلورور

الصوديوم في الدم والأنسجة . مما يسبب انقباضات مستمرة مؤلمة في العضلات. ويحدث ذلك في عمال المناجم (miners cramps) ولمنع حدوث هذه التقلصات العضلية يطفأ الظمأ في مثل هذه الحالات بتعاطي محلولاً مخففاً من كلورور الصوديوم بدلاً من الماء .

وكل ما تبقى من الفضلات يخرج في البول . وأهم فضلات البول تنتج من التمثيل الغذائي للبروتين والتمثيل الغذائي الغير العضوي ؛ ولذلك يتوقف تركيب البول كثيراً على كمية البروتين والأملاح الغير العضوية بالطعام .

خواص البول الطبيعي

١ - خواص طبيعية :

(١) اللون والمظهر : بول الانسان الطبيعي سائل ، أصفر اللون ، رائق ويكون اللون أصفر فاتحاً إذا كان حجم البول كبيراً ، وأصفر قاتماً إن كان البول مركزاً . ويوجد بالبول الطبيعي إن كان تفاعله قاعدياً رواسب من الفوسفات الترابية (earthy phosphates) مثل فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم وما إليها . وقد تنفصل من البول الرائق عند حفظه بعد إخراجه من الجسم سحابة مخاطية من الخلايا الطلائية للمثانة والمجاري البولي . وبترسب من البول عند تبريده أملاح الحامض البولي وهذه تذوب ثانية إذا سخن البول بعكس رواسب الفوسفات الترابية التي لا تذوب عند التسخين .

(٢) الرائحة : للبول الطبيعي رائحة مميزة عطرية . تختلف كثيراً باختلاف نوع الطعام . وإذا تعفن البول بعد إخراجه كان به رائحة الأمونيا (النشادر) (٣) الحجم : يتراوح حجم البول في الشخص البالغ في الأحوال العادية بين ١٢٠٠ و ١٨٠٠ سم^٣ في اليوم . وتستطيع الكلى السليمة أن تفرز في الساعة ٢٥ سم^٣ من البول فقط أو ١٢٠٠ سم^٣ بحسب الظروف الموجودة . وكمية البول

التي تخرجها الكلى في ساعات النهار تكون عادة من ضعف إلى أربعة أمثال الكمية التي تخرج ليلاً (من ٨ مساءً إلى ٨ صباحاً). ويحصل العكس في الأشخاص الذين يعملون ليلاً وينامون نهاراً. ويزيد حجم البول الليلي عن حجم البول النهاري فيمن يعمل نهاراً وينام ليلاً في كثير من أمراض الكلى. وهناك عدة عوامل تؤثر على حجم البول ومنها ما يأتي:—

(أ) كمية ما يتعاطاه الشخص من السوائل. إذا كان من عادة الشخص أن يتعاطى كميات كبيرة من السوائل زاد حجم البول؛ إذ أن كمية الماء بالجسم يجب أن تبقى ثابتة.

(ب) كمية ما يخرج من الماء عن طريق أعضاء الإخراج الأخرى: إذا زاد إفراز العرق أو إذا زاد خروج الماء عن طريق الأمعاء — كما يحدث في حالات الإسهال — قل حجم البول. وعلى ذلك فيتوقف حجم البول كثيراً على درجة حرارة الجو وتشبعه ببخار الماء ويكون حجم البول صيفاً أقل منه شتاء.

(ج) المجهود الرياضي الشديد. يقل حجم البول في المجهود الرياضي الشديد نظراً لإفراز كثيراً من العرق، ونظراً لأن معظم الدم يمر بالعضلات. ولا يمر بالأعضاء الداخلية ومنها الكلى إلا مقادير قليلة من الدم.

(د) كمية الطعام ونوعه. كلما زادت فضلات الطعام التي يجب أن تخرجها الكلى زاد حجم البول؛ فهذه الفضلات مدرة للبول (diuretic) إذ أنها يجب أن تخرج ذائبة في الماء. ولما كانت معظم الفضلات التي تخرج في البول ناشئة من التمثيل الغذائي للبروتين فإن حجم البول يزداد مع زيادة بروتين الطعام.

(هـ) عوامل مرضية. يقل حجم البول في حالات هبوط القلب والحمى والتهاب الكلى الحاد (acute nephritis) وفي المراحل الأخيرة من التهاب الكلى المزمن (chronic nephritis). ويزداد حجم البول كثيراً في مرض البول السكري وفي مرض الديابيتس اللاذوقي (diabetis insipidus).

(٤) الكثافة النوعية : تتراوح الكثافة النوعية للبول الطبيعي بين ١.٠١٥ و ١.٠٢٥ (الكثافة النوعية للماء = ١.٠٠٠) . وإذا زاد حجم البول قلت الكثافة النوعية فقد يتبع تعاطى مقادير كبيرة جدا من السوائل اخراج بول كثافته النوعية ١.٠٠١ فقط . وأما إذا قل حجم البول فقد تصل كثافته النوعية إلى ١.٠٣٠ . ولكن في الأحوال المرضية قد لا توجد هذه العلاقة العكسية بين حجم البول وكثافته النوعية . فمثلا في مرض البول السكرى يكون حجم البول كبيرا جدا وكثافته النوعية عالية أيضا (١.٠٤٠) وكذلك في مرض التهاب الكلى المزمن يكون حجم البول قليلا وكثافته النوعية ١.٠١٠ فقط . فضلا عن ذلك فلا يمكن للكلى المريضة أن تخرج بولا ذا كثافة نوعية منخفضة جداً عند تعاطى مقادير كبيرة من السوائل ؛ أى أنها لا يمكنها كالكلى السليمة أن تزيد حجم البول على حسب مقتضيات الأحوال في الجسم .

(٥) التفاعل : يكون بول الانسان الطبيعى عادة حامضى التفاعل وأسه الايدروجينى على المتوسط ٦ . ولكن قد تزداد حموضة البول كثيراً عن ذلك فينخفض الأس الايدروجينى فى الشخص العادى إلى ٤,٨ . وقد تزداد القاعدية فيرتفع الأس الايدروجينى إلى ٧,٤ . ويتغير تفاعل البول بحسب كمية الأحماض أو القواعد التى تتكون بالجسم ؛ وبهذا التغير تشترك الكلى اشتراكا فى غاية الأهمية فى حفظ تفاعل الدم والأنسجة ثابتا .

وتزداد حموضة البول فى كل الأحوال التى تدعو إلى زيادة تكون الأحماض بالجسم مثل الغذاء البروتينى والصيام ومرض البول السكرى وتعاطى الأملاح التى تولد الأحماض بالجسم مثل كلورور الأمونيا وكبريتات الأمونيا وكلورور الكالسيوم .

وتقل حموضة البول فى كل الأحوال التى تدعو إلى زيادة القواعد بالجسم

مثل الغذاء النباتى وتعاطى بيكربونات الصوديوم للعلاج ووقت إفراز العصير المعدى .

ب - فواضى كيميائية :

يبين جدول (١٠) متوسط التركيب الكيميائى للبول الذى يخرج يومياً الشخص البالغ السليم الذى يتعاطى طعاماً كاملاً يحتوى على مواد الغذاء الثلاثة .

جدول ١٠

الحجم	.	.	.	.	.	١٥٠٠ سم ^٣
مواد غير عضوية	.	.	.	.	.	٢٥ جم
مواد عضوية	.	.	.	.	.	٣٥ جم

(١) المواد الغير العضوية

كلورور الصوديوم	.	.	.	.	.	١٥ جم
كلورور البوتاسيوم	.	.	.	.	.	٣,٣ د
مجموع الكبريت الكلى (كبريتات )	.	.	.	.	.	٢,٥ د
حامض الفسفوريك (فوسفات )	.	.	.	.	.	٢,٥ د
الأمونيا	.	.	.	.	.	٠,٧ د
المغنسيوم	.	.	.	.	.	٠,٥ د
الكالسيوم	.	.	.	.	.	٠,٣ د
مواد أخرى	.	.	.	.	.	٠,٢ د

بيكربونات الصوديوم وحامض الكربونيك (وتزداد هذه كثيرا إن كان تفاعل البول قاعديا) .

(٢) المواد العضوية

البولينا	.	.	.	.	.	.	٣٠ جم
الكرياتينين	.	.	.	.	.	.	١,٥ جم
الحامض البولي	.	.	.	.	.	.	٠,٩ جم
مواد أزوتية غير مقدرة ^(١) (Undetermined)	.	.	.	.	.	.	٠,٩ جم
إنديكان	.	.	.	.	.	.	٠,٠١ جم

هذا وتوجد بالبول آثار من مواد عضوية أخرى وهي :

أصباغ البول مثل يوروكروم ويورويلين

سكر (٢ — ٣ حجم في كل ١٠٠ سم^٣)

مخاطين

الخميرة دياستيز (diastase)

حامض أوكساليك وحامض اللبنيك وآثار من الأجسام الخلوية .

المواد الغير العضوية في البول

١ — الأيونات الحامضية (١) الكلورورات : تتوقف كمية الكلورورات التي تخرج يومياً في البول على الكمية التي تؤخذ في الطعام ؛ وذلك لأن كل كلورورات البول تشتق من كلورورات الطعام . فإذا اختفت الكلورورات من الطعام اختفت أيضاً من البول ، مع أن نسبة الكلورورات بالدم لا تتغير ؛ مما يدل على أن الجسم يحافظ على الكلورورات بقدر الإمكان نظراً لأهميتها في حفظ الضغط الأوزموزي للدم والأنسجة وسوائلها . ولذلك تقل الكلورورات أو تختفي مؤقتاً من البول في حالات مرضية كحالات الإلتهاب الرئوي الحاد (acute pneumonia) عند تكوين الرشح في الرئة .

(١) تتكون هذه المواد من الأحماض الأمينية وحامض هيبوريك وقواعد بيورينية وما إليها

(٢) الكبريتات : تشتق كبريتات البول من أكسدة الكبريت الموجود في جزئى البروتين وعلى ذلك فإن كمية الكبريت في البول تزداد مع زيادة الأزوت . وقد رأينا في صفحة (٢٠٩) أن كبريت البول يمكن تقسيمه ثلاثة أقسام :

١ — كبريتات غير عضوية .

ب — كبريتات إيثيرية .

ح — كبريت متعادل .

وتتأثر كمية الكبريتات الغير العضوية والايثيرية بكمية البروتين في الطعام ، فتزيد وتقل معها ؛ — في حين تبقى كمية الكبريت المتعادل ثابتة . ويتبين ذلك جلياً من جدول (١١) المأخوذ من تجارب فولين . وتدل كمية الكبريتات الايثيرية في البول على درجة التعفن البكتيرى في الأمعاء الغليظة

(٣) الفوسفات : يشتق جزء من فوسفات البول من الفوسفات التى تؤخذ بالطعام ويشتق الجزء الباقي من أكسدة المواد العضوية التى تحتوى على الفوسفور سواء كان مصدرها الطعام أو الجسم . وفي حالة الصيام تشتق فوسفات البول من أنسجة الجسم ومن العظام . وتتراوح كمية الفوسفات التى تخرج يومياً في البول بين جرام واحد وستة جرامات ، ويتوقف ذلك على كمية الفوسفات التى تمتص من الأمعاء ، فكما زاد امتصاص الفوسفات من الأمعاء زاد إخراجها في البول .

وتوجد الفوسفات في البول على شكل ص يد٣ فوا٣ و ص٣ يد فوا٣ ويتوقف تفاعل البول على نسبة فوسفات الصوديوم الحمضى إلى فوسفات

الصوديوم القاعدى ؛ أى على نسبة $\frac{\text{ص يد٣ فوا٣}}{\text{ص٣ يد فوا٣}}$. وكلما زادت حموضة البول

زادت هذه النسبة .

وإذا كان البول متعادلاً أو قاعدياً ترسبت به الفوسفات الترابية مثل الفوسفات ثلاثي الكالسيوم . وإذا ترك البول مدة بعد إخراجه من الجسم تعفن وتحولت البولينيا به إلى أمونيا ، وصار البول قاعدياً وترسب به فوسفات المغنسيوم الأمونيا (زيد ما فوا) ويسمى هذا الراسب بالفوسفات الثلاثي (triple phosphates) .

ب - الأيسى القاعدية :

(١) الصوديوم : يخرج في البول يومياً حوالي خمسة جرامات من الصوديوم . ولكن الكمية تتوقف كثيراً على كمية الصوديوم في الطعام . ويقل الصوديوم أو يختفي في الصيام .

(٢) البوتاسيوم : يخرج في البول يومياً من ١,٩ إلى ٣,٢ جراماً من البوتاسيوم . ويتوقف ذلك على نوع الطعام ويحتوى اللحم وبقية الأنسجة الحيوانية والنباتية على كثير من البوتاسيوم . ويستمر إخراج البوتاسيوم في الصيام ؛ إذ أنه يشتق في هذه الحالة من أنسجة الجسم .

(٣) الكالسيوم والمغنسيوم : وتتغير كميتهما في البول تبعاً للكمية التي تمتص منهما من الأمعاء ، وتبعاً لكمية الأحماض والقواعد التي تتكون بالجسم . فإن زاد تكون الأحماض زاد ما يخرج منهما في البول . وأما إن زاد تكون القواعد زاد ما يخرج منهما في البراز وقل ما يخرج منهما في البول .

(٤) الأمونيا : يخرج في البول يومياً ما يعادل من ٣٠ إلى ٥٠ سم^٣ من محلول الأمونيا الأساسي^(١) (Normal Solution) ولكن في حالات الحموضة الدموية الشديدة قد تزيد هذه الكمية إلى ٥٠٠ سم^٣ . وتصنع معظم الأمونيا ، إن لم يكن كلها ، بواسطة الكلى . وصناعة الأمونيا بواسطة الكلى إحدى طرق الجسم المهمة لمحاربة الأحماض ولحفظ تفاعل الدم ثابتاً . ومن

(١) المحلول الأساسي هو المحلول الذي يحتوي اللتر منه على الوزن المكافئ بالجرام للمادة .

البديهي أن كمية الأمونيا في البول تصلح قياساً لدرجة تكون الأحماض في الجسم .

(٥) الحديد : لا توجد إلا آثار قليلة من الحديد في البول ؛ إذ أن معظم الحديد يخرج من الجسم عن طريق الأمعاء الغليظة . ويوجد الحديد في البول في مركبات عضوية فقط وتتراوح كميته بين ٠,٥ و ١,٠ من المليلجرام في اليوم .

المواد العضوية في البول

تأثير كمية البروتين في الطعام على المواد العضوية في البول : تحتوى أهم المواد العضوية التي في البول على الأزوت . ولذلك فهي تمثل المرحلة الأخيرة من مراحل التمثيل الغذائي للبروتين . ويبين جدول (١١) تأثير كمية البروتين التي تؤخذ في الطعام على كميات ونسب المواد الأزوتية والكبريتية في البول .

جدول (١١) (عن فولين)

طعام غنى بالبروتين	طعام فقير في البروتين	
١١٧٠ سم ^٢	٣٨٥ سم ^٢	حجم البول
١٦,٨ جم	٣,٦ جم	مجموع الأزوت الكلى
١٤,٧ جم = ٨٧,٥ %	٢,٢ جم = ٦,١٧ %	أزوت البولينا
٠,٤٩ جم = ٣,٠ %	٠,٤٢ جم = ١١,٣ %	أزوت الأمونيا
٠,١٨ جم = ١,١ %	٠,٠٩ جم = ٢,٥ %	أزوت الحامض البولى
٠,٥٨ جم = ٣,٦ %	٠,٦٠ جم = ١٧,٢ %	أزوت الكرياتينين
٠,٨٥ جم = ٤,٩ %	٠,٢٧ جم = ٧,٣ %	أزوت غير مقدر
٣,٦٤ جم	٠,٧٦ جم	مجموع الكبريت الكلى
٣,٢٧ جم = ٩٠ %	٠,٤٦ جم = ٦٠,٥ %	كبريتات غير عضوية
٠,١٩ جم = ٥,٢ %	٠,١٠ جم = ١٣,٢ %	كبريتات إيشيرية
٠,١٨ جم = ٤,٨ %	٠,٢٠ جم = ٢٦,٣ %	كبريت متعادل

يتبين من هذا الجدول ما يأتى : —

١ — أن كميتى البولينا والكبريتات الغير العضوية فى البول تتأثران كثيرا بكمية البروتين فى الطعام ولذلك فهما تؤخذان قياساً لكمية التمثيل الغذائى لبروتين الطعام (exogenous protein metabolism) ولو أن جزءا صغيرا منهما ينتج فى الواقع من التمثيل الغذائى لبروتين الجسم نفسه (endogenous) .

٢ — إن كميتى الكرياتينين والكبريت المتعادل فى البول لا تتأثران بكمية البروتين فى الطعام . ولذلك فهما يؤخذان قياساً للتمثيل الغذائى لبروتين الجسم نفسه (endogenous protein metabolism) .

٣ — ينتج بعض كمية الحامض البولى من الجسم وينتج البعض الآخر من الطعام . وتزداد كمية الحامض البولى مع زيادة البروتين فى الطعام حتى ولو كان بروتين الطعام لا يحتوى على قواعد بيورينية بتاتا .

أهم الخواص الطبيعية والكيميائية للمواد العضوية فى البول :

(١) البولينا : يخرج بالبول يوميا حوالى ٣٠ جم من البولينا ولكن تتوقف الكمية كما رأينا على كمية بروتين الطعام ؛ ويكون أزوت البولينا فى الأحوال الطبيعية من ٨٥ إلى ٩٠ فى المائة من مجموع الأزوت الكلى فى البول ولكن تقل هذه النسبة فى حالات الصيام أو عند نقص البروتين فى الطعام إلى ٦٠ فى المائة تقريبا . وكذلك تقل نسبة البولينا فى حالات الحموضة الدموية نظراً لخروج كثير من الأزوت على هيئة أمونيا . وتقل أيضاً فى حالات أمراض الكبد الشديدة مثل مرض الضمور الأصفر الحاد للكبد (acute yellow atrophy) ؛ إذ أن الكبد مكان صناعة البولينا بالجسم .

وتتبلور البولينا على شكل إبر طويلة ، عديمة اللون ، لامائية ، أو على شكل منشورات . وتنصهر بلورات البولينا عند درجة ١٣٠ مئوية . والبولينا

سهلة الذوبان في الماء والكحول والأسيتون ، ولكنها لا تذوب في الإثير والكلوروفورم .

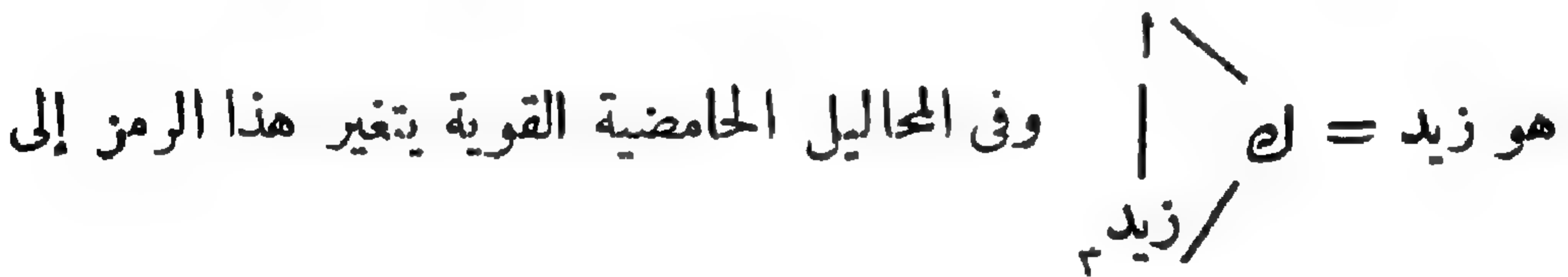
وتفاعل محلول البولينا متعادل ، ولكنها تتحد مع الأحماض مكونة مركبات بلورية وأهمها أزوتات البولينا وهي لا تذوب في حامض الأزوتيك القوى وأوكسالات البولينا وهي لا تذوب في حامض الأوكساليك . وقد كان يظن مبدئياً أن البولينا عبارة عن ثنائي أميد حامض الكربونيك (diamide of carbonic acid) ولها هذا الرمز الكيميائي .



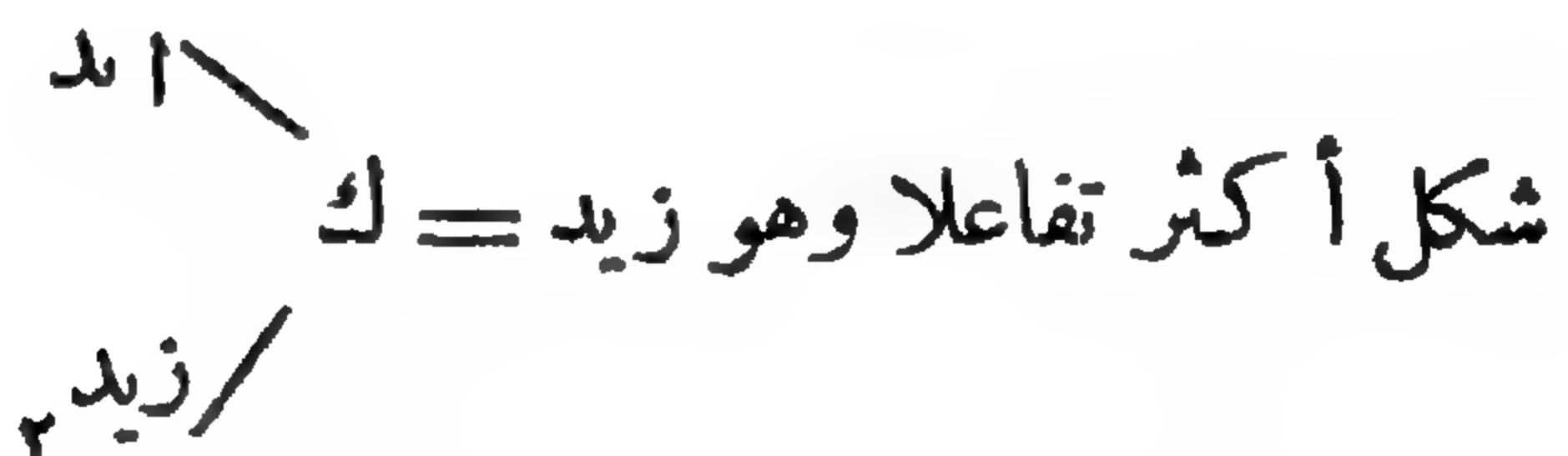
الرمز القديم للبولينا

حامض الكربونيك

ولكن قد أثبتت تجارب ثرنر (Werner) أن الرمز الكيميائي للبولينا



هو زيد = ك وفي المحاليل الحامضية القوية يتغير هذا الرمز إلى



شكل أ كثر تفاعلاً وهو زيد = ك

الرمز القديم

وتحلل البولينا بالتسخين فتصاعد منها الأمونيا ويبقى بيوريت (biuret) وكذلك يتكون بالتسخين حامض السيانيك (cyanic acid) وحامض السيانيوريك (cyanuric acid) .

وإذا سخنت البولينا مع القواعد تحولت إلى ثنائي أكسيد الكربون والأمونيا . وإذا أضيف محلول البولينا إلى تحت بروميت الصوديوم القاعدي (alkaline Sodium hypobromite) تحللت البولينا وكان من نتائج التحليل الغازان الأزوت وثنائي أكسيد الكربون فيمتص ثنائي أكسيد الكربون

بوساطة الصودا الكاوية ويتصاعد الأزوت . وبقياس حجمه يمكن تقدير كمية البولينا في محاليلها . وهذه الطريقة تقريبية فقط إذ أن بعض الأزوت لا يتصاعد ويبقى على شكل سيانات . وكذلك إذا احتوى محلول البولينا — كما هي الحالة في البول — على مواد أزوتية أخرى كالأمونيا والكرياتينين . تصاعد أيضاً بعض الأزوت من هذه المواد . وتبين المعادلة الآتية التفاعل الذى يحدث بين البولينا وتحت بروميت الصوديوم القاعدى .

$$4\text{از} + 2\text{د} + 3\text{ص} + 1\text{ك} = 2\text{ز} + 2\text{د} + 1\text{ص} + 3\text{بر}$$

وأحسن طريقة لتقدير البولينا في محاليلها هي طريقة الخميرة يوريز (Urease) وتحلل هذه الخميرة البولينا إلى ثانى أكسيد كربون وأمونيا . وتمتص الأمونيا بوساطة كمية معينة من محلول من حامض الكبريتيك المعروف القوة . وتوجد الخميرة يوريز في كثير من الأنسجة النباتية مثل فول صويا وفول چاك (Soya bean and jack bean) . وإذا ترك البول معرضاً للجو بعد إخراجته نمت عليه جرثومة تسمى ميكروكوكس يوريا (micrococcus urea) وهذه تصنع الخميرة يوريز وهي السبب في الرائحة النوشادرية التى تتكون في البول إذا حفظ بعد إخراجها .

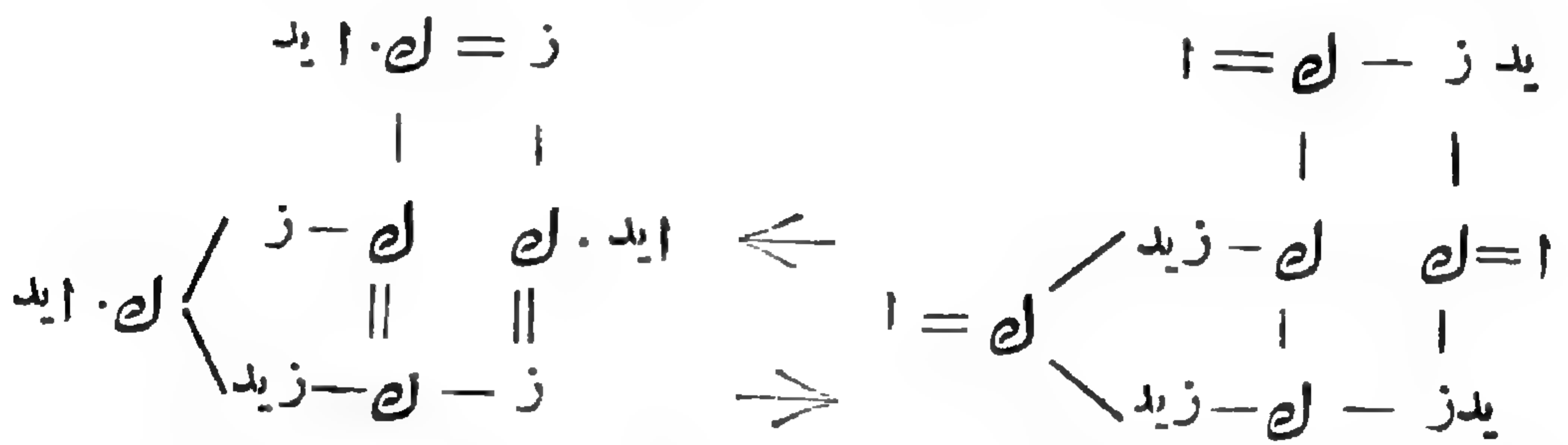
٢ — الكرياتينين . يخرج بول الرجل يومياً من ١,٥ إلى ٢ جراماً من الكرياتينين وبيول المرأة من ٠,٨ إلى ١,٥ جراماً وتتوقف كمية الكرياتينين في البول على كمية النسيج العضلى ولا تتأثر كما ذكرنا بكمية بروتين الطعام . ويوجد في بول النساء والأطفال عادة بعض الكرياتين ولا يوجد الكرياتين في بول الرجل إلا في الأحوال المرضية التى تسبب هزال العضلات كالحميات والصيام والبول السكرى وغيرها .

ويذوب الكرياتينين في الماء وفي الكحول ولكنه لا يذوب في الأثير ومحاليله متعادلة أو قاعدية قليلاً جداً .

ويترسب الكرياتينين بوساطة حامض البكريك . ويتحد مع كلورور

الزنك مكوناً مركباً مميزاً يستعمل في تحضير محاليل أساسية من الكرياتينين وتحول القواعد الكرياتينين إلى كرياتين . ويتحول الكرياتين إلى كرياتينين إذا سخن مع الأحماض . ويختزل الكرياتينين محلول فهلنج ولكنه لا يختزل محلول بندكت .

(٣) الحامض البولي . يخرج في بول الانسان من ٤.٥ جرام إلى ٢ جراما في البول يومياً وتتوقف الكمية على ما يحتويه الطعام من قواعد البيورين . وتزداد كمية الحامض البولي أيضا مع زيادة القيمة الحرارية الكلية للطعام . والحامض البولي هو ٢-٦-٨-بيورين ثلاثي الأكسيد وترى علاقته بقواعد البيورين الأخرى في (ص ٢١٢) . ويوجد الحامض البولي على شكلين ، وربما وجد الشكلان معاً في حالة توازن وهذان الشكلان هما



الشكل الإينولي أو اللاكتيمي
(Enol or lactim form)

الشكل الكيتوني أو اللاكتامي
(Keto or lactam form)

ويوجد في الشكل اللاكتيمي ثلاثة مجموعات من (— ا يد) وقد يكون لايدروجين هذه المجموعات خواص حامضية . ولكن واحدة منها أقوى حموضة من الآخرين كما هي الحالة في حامض الفوسفوريك . ويتحد الحامض البولي مع القواعد ويكون نوعين من الأملاح . أملاح أحادية القواعد (monobasic) وأملاح ثنائية القواعد (dibasic) ودرجة ذوبان الأملاح ثنائية القواعد أكثر من درجة ذوبان الأملاح الأخرى ، وإذا ترسب الحامض البولي من بول حامضي التفاعل إدمأست (adsorbed) على راسبه صبغة البول المسماة يورويرثرين (uroerythrin) وظهر الراسب أحمر اللون .

البول عند خروجه مباشرة من الجسم على يوربيلينوجين وهى مادة عديمة اللون تتحول إلى يوروبيلين بعد خروج البول من الجسم، ويوجد اليوروبيرين بمقادير صغيرة ولونه أحمر ولا يعرف كثير عن تركيبه الكيميائى .

وفضلاً عن هذه الأصباغ الثلاثة توجد بالبول مقادير صغيرة جداً من الهيماتوبورفيرين (haematoporphyrin) وتزيد كميته كثيراً فى حالات التسمم بمادة الصلفونال (Sulphonal) . وعندئذ يكون لون البول بنفسجياً قائماً .

٨ — المواد العضوية الغير الازوتية فى البول ، وأهمها حامض اللبنيك ويوجد منه فى اليوم من ٧٥ إلى ٢٠٠ ميلليجرام وتتوقف كميته على المجهود الرياضى الذى يقوم به الجسم ، ويوجد بالبول أيضاً حامض أوكساليك ويتراوح مقداره بين ١٥ و ٢٠ ميلليجراما فى اليوم ويزيد هذا المقدار عند تعاطى الأوكسالات فى الغذاء . ويوجد بالبول أيضاً آثار من الأجسام الخلوية .

المواد الغير الطبيعية فى البول

١ — الجلوكوز . ويوجد فى البول بمقادير تكفى لاختزال محلول فهلنج فى أنواع الجلوكوزوريا التى مر ذكرها (ص ٢٣٤) . وأهم هذه الأنواع هو مرض البول السكرى . ويجب تمييز الجلوكوز من المواد المختزلة الأخرى التى قد توجد فى البول مثل سكر اللبن فى المراضع وحامض جلو كورونيك وحامض هوموچنتيزيك والكرياتينين .

٢ — بروتين قابل للتجمد (coagulable protein) . لا يوجد فى البول الطبيعى إلا آثار قليلة من مادة مخاطية تسبب سحابة فى البول عند حفظه ولكن فى أمراض القلب والكلى قد يخرج بروتين البلازما فى البول . ومعظم البروتين فى البول يتكون من أليومين البلازما وذلك لأن الوزن الجزيئى للأليومين أقل من الوزن الجزيئى للجلوبيولين والفيبرينوجين ولذلك يمر أليومين البلازما من غشاء باومان بسهولة .

وتوجد عادة آثار من البروتين فى البول بعد المجهود الرياضى ولكن ليس لذلك أى أهمية مرضية .

٣ — الهيموجلوبين . يوجد الهيموجلوبين في البول كما توجد مشتقاته عندما تتحلل كرات الدم الحمراء (haemolysis) في الجسم بكثرة . وكذلك يوجد الهيموجلوبين في البول كما توجد كرات الدم الحمراء في حالات التهابات الكلى والمجارى البولية .

٤ — حامض جلو كورونيك . وتوجد آثار منه في البول الطبيعي ولكن يزداد خروجه من الجسم عند إعطاء الكافور والكلورال ومواد أخرى . فيتحد حامض جلو كورونيك مع هذه المواد وبذا يقلل ضررها في الجسم . ويشق حامض جلو كورونيك من جلو كوز بوساطة أكسده وله المقدرة على اختزال محلول فهلنج .

٥ — الأجسام الخثونية . وتوجد آثار منها في البول الطبيعي ولكن تزداد الكمية جدا في الصيام وفي مرض البول السكري وعند تعاطي طعاما غنياً بالدهون فقيراً بمائيات الكربون .

٦ — حامض هوموچنتيزيك . ويخرج في البول في حالات البول الألكيتوني وقد مر ذكرها .

٧ — سستين . يخرج السستين في كثرة في البول في بعض الأشخاص وقد تصل كميته إلى نصف جرام يومياً . وهذا المرض ورأى ويستمر مدى حياة الشخص . وقد يترسب السستين في المجارى البولية مكوناً حصوة من السستين .

٨ — أصباغ الصفراء تخرج أصباغ الصفراء في البول في مرض الصفراء وكذلك توجد أملاح الصفراء في حالات مرض الصفراء الناشئة عن سد القناة الصفراوية (obstructive jaundice) .

٩ — الرواسب البولية تنقسم الرواسب البولية قسمين :

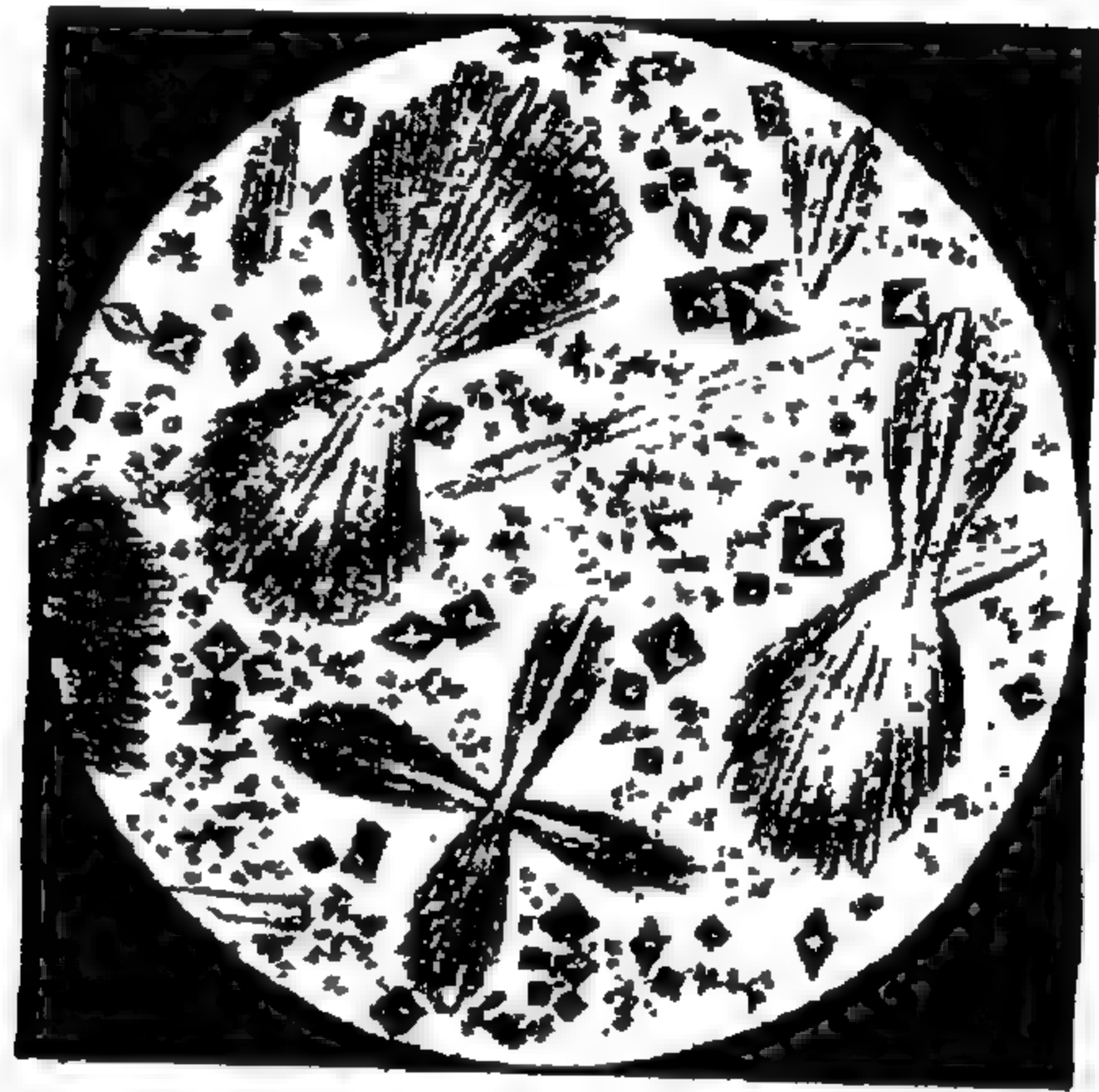
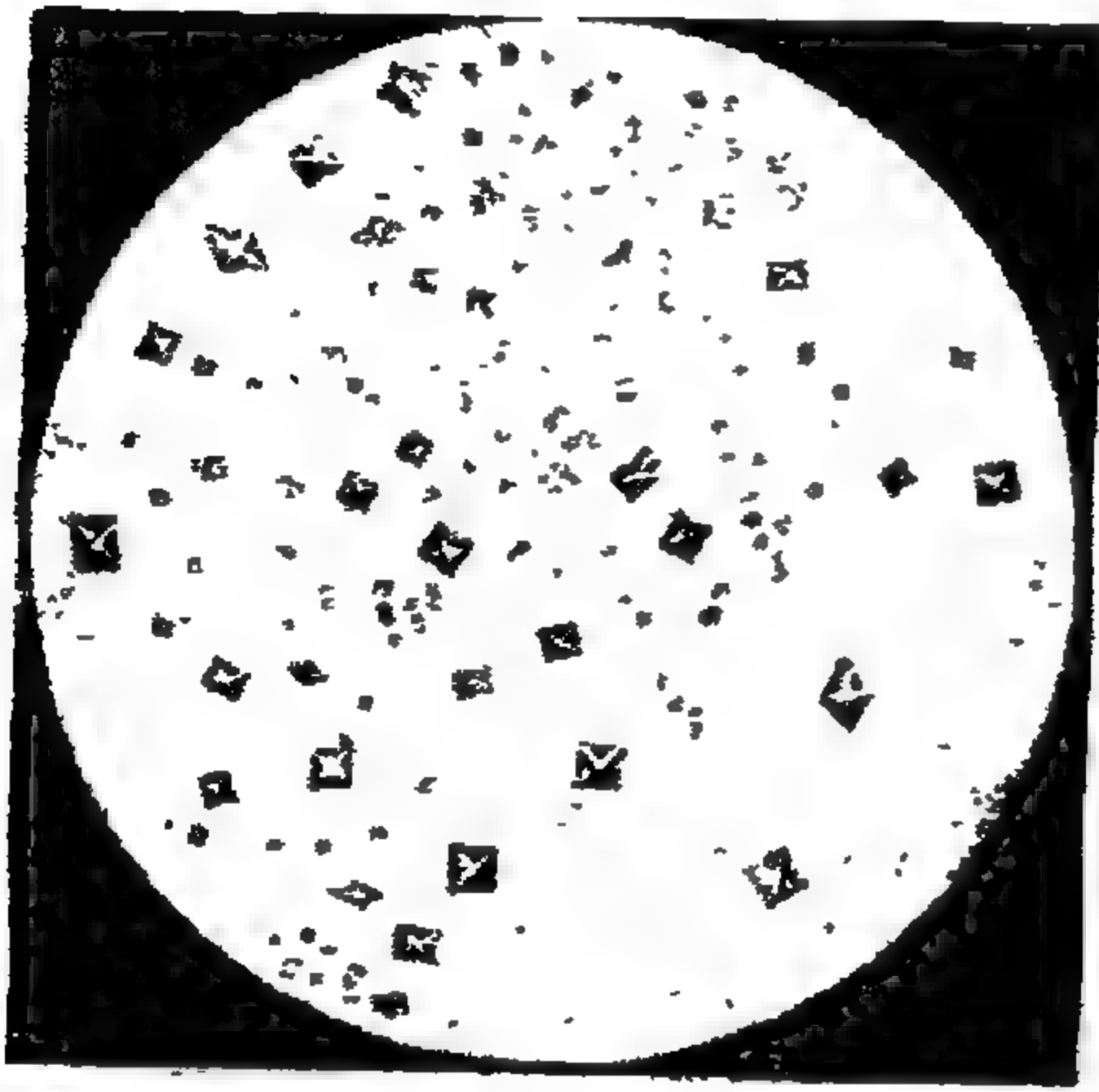
(أ) رواسب متعضونة (organised sediments) ومنها الخلايا الطلائية للمجارى البولية والخلايا الصديدية وكرات الدم الحمراء والحيوانات المنوية وبيض الطفيليات كالباهارسيا وقوالب الأنايب الكلوية (Casts) .

(ب) رواسب غير متعضونة (unorganised sediments) وهذه تختلف مع تفاعل البول . فيوجد بالبول الحامضي ما يأتي :

(١) الحامض البولي ولون الراسب أصفر أو محمر وتكون البلورات على أشكال

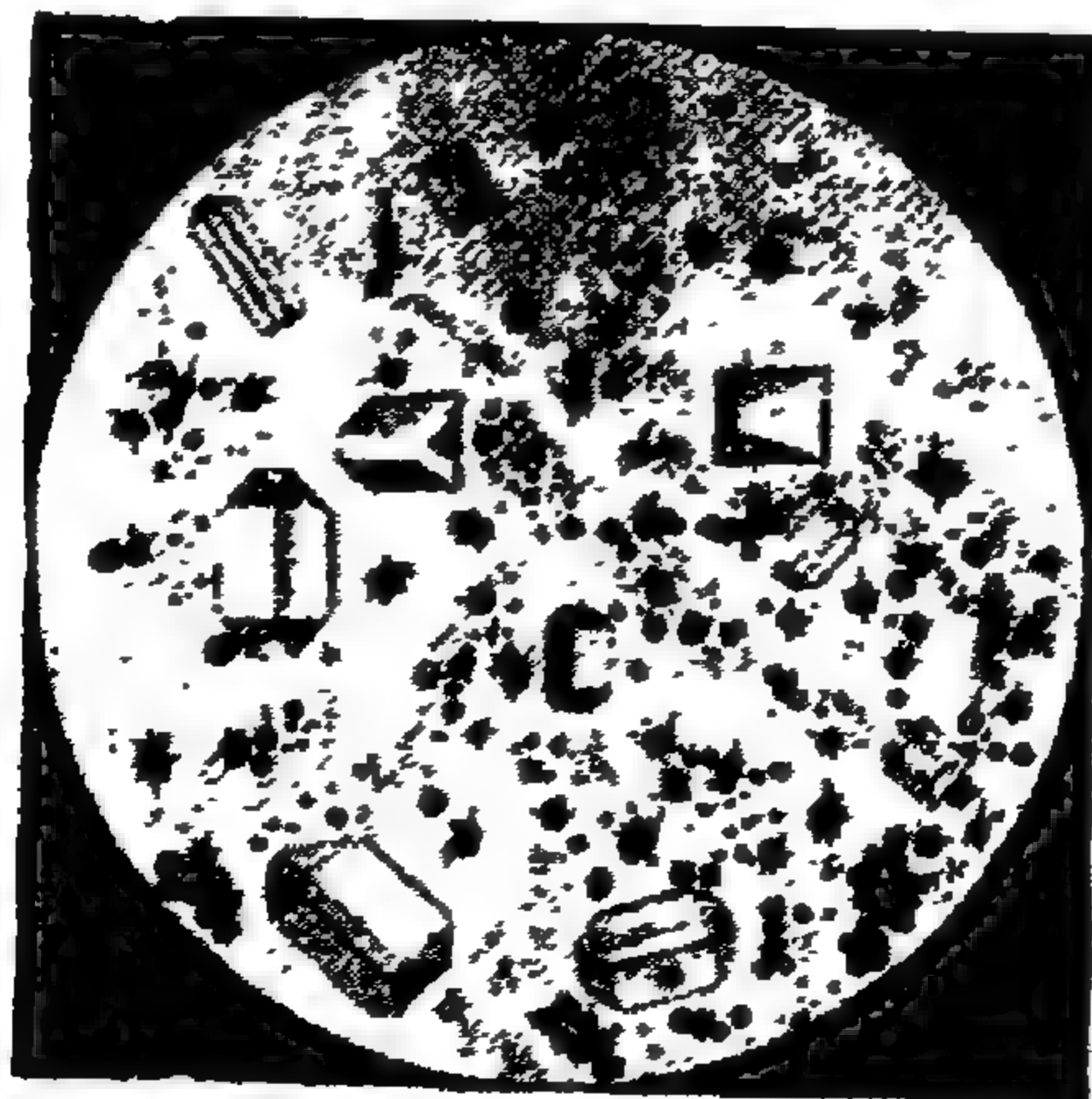


(شكل ٥٢) عدة أنواع من رواسب الحامض البولي



(شكل ٥٤)
راسب أوكسالات الكالسيوم

(شكل ٥٣) راسب من الحامض البولي
ويورات الصوديوم وأوكسالات الكالسيوم



(شكل ٥٥) راسب من الفوسفات الثلاثي (فوسفات المغنسيوم الأمونيا) ويورات الأمونيوم
٥٢ : ١ عن ستارلنج — ٥٢، ٥٣، ٥٤، ٥٥ عن فنك

مختلفة . ومنها ما يكون على شكل منشورات معينة (rhombic prisms) . أو على شكل الوتد (wedge) أو على شكل مساكات الترويض الحديدية (dumb-bells) كما يتبين من (شكل ٥٢) . ورواسب الحامض البولي تذوب في إيدروكسيد الصوديوم وترسب ثانية بواسطة حامض الكلوردريك .

(٢) أملاح الحامض البولي ويكون لون رواسبها أحمر باهتاً (pinkish) وهي تذوب بالتسخين وقد تكون متبلورة . وتكون البلورات على شكل إبر منشورية الشكل تتجمع مع بعضها على شكل المروحة (شكل ٥٣) .

(٣) أوكسالات الكالسيوم وبلوراتها غير ملونة وشفافة ولها شكل ظرف الخطاب (envelope-like) ومثمثة الأضلاع (octahedra) وهي تذوب بسهولة في حامض الكلوردريك ولا تذوب في حامض الخليك . وقد تكون أيضاً على شكل مساكات الترويض الحديدية . (شكل ٥٣ و ٥٤) .

(٤) فوسفات الكالسيوم الحمضية (كاد فو ا) . وهي نادرة وتكون بلورات منشورية وتذوب بسهولة في حامض الخليك المخفف .
ويوجد بالبول القاعدى ما يأتى :

(١) فوسفات المغنسيوم الأمونيا وترسب إذا كان التفاعل حامضياً خفيفاً أو معادلاً أوقاعدياً وتشبه البلورات غطاء صندوق الموتى (coffin-lid) وهي تذوب بسهولة في حامض الخليك . (شكل ٥٥) .

(٢) رواسب فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم الترايية وهي غير متبلورة ولا تذوب بالتسخين أو في القواعد ولكنها تذوب في حامض الخليك .
(٢) كربونات الكالسيوم . وتكون الرواسب على شكل كرات تخرج منها زوائد .

(٤) يورات الأمونيوم . وتكون الرواسب على شكل كتل صفراء أو بنية غير متبلورة وقد تكون على شكل بلورات كروية لها زائدة أو أكثر (thonn-apple) كما يرى في (شكل ٥٥) . وتذوب في حامض الكلوردريك ثم يترسب منها الحامض البولي بعد ذلك .

الباب الرابع والعشرون

الفيتامينات

(Vitamins)

الفيتامينات مواد كيميائية عضوية ، ووجودها في الطعام بمقادير قليلة أساسية للصحة والنمو بل للحياة . بدأت معرفتنا بها عام ١٨٩٧ حيث اكتشف إيكمان (Eijkman) أن مرض البرى برى (Beri beri) يصيب أولئك الذين يتناولون الأرز بعد تببيضه كطعامهم الأساسي، وأنه يمكن شفاء هذا المرض إذا أضيفت ردة الأرز التي تفصل منه في عملية التبييض إلى الطعام . وأثبتت تجارب أخرى بعد ذلك قام بها علماء كثيرون نخص منهم بالذكر لونين (Lunin) وستب (Stepp) وروهمان (Rôhman) وبيكلهارنج (Pekelharing) وهوبكنز (Hopkins) أنه إذا غذيت الحيوانات بكميات كافية من البروتين والزيت والنشاء والأملاح المعدنية – وكانت هذه المواد نقية – وقف نمو هذه الحيوانات ثم انتابها أمراض مختلفة ثم ماتت . ويكفي أن يضاف إلى هذا الطعام النقي قليل من المواد الطبيعية – كاللبن الطازج الذي لم تمتد إليه يد الإنسان بالتحضير والتنقية – لتنمو هذه الحيوانات نموا طبيعيا وتعيش بصحة جيدة . ولا يتسبب هذا المفعول السحري من بروتين أو دهن أو سكر اللبن أو مما به من الأملاح المعدنية ؛ إذ لو أعطيت هذه بمفردها بعد تنقيتها لما كان لها أى تأثير . وقد شبهت هذه المواد – للدلالة على قيمتها الحيوية في بناء البروتوبلازم مع قلتها بالنسبة لمواد الطعام الأخرى – بالأسمنت والمسامير في بناء المنازل ؛ إذ أنه مع وجود كميات كافية من الحجارة والأخشاب والحديد لا يمكن بناء منزل بدون الأسمنت والمسامير . وشبهت

أيضا بالشرارة الكهربائية اللازمة لاحتراق البنزين في آلة السيارة ؛ فهما كان مستودع السيارة ملآن بالوقود لا يمكن استعماله لتقديم الطاقة اللازمة لتسيير السيارة إلا إذا وجدت تلك الشرارة الكهربائية .

وفي عام ١٩١١ حضر فنك (Funk) مادة متبلورة مما يفصل من الأرز في عملية التبييض (rice polishings) ؛ وهذه المادة فعالة جداً في شفاء مرض البرى برى في الطيور . وقد ظن أنها من فصيلة الأمين فأطلق عليها لفظ فيتامين — أى أمين الحياة — (vitamine) ثم سميت كل العوامل الإضافية الأخرى اللازم وجودها بالغذاء بالفيتامينات مع أنها لا تمت لفصيلة الأمين كيميائياً بصلة . ولما كان التركيب الكيميائى للفيتامينات مجهولاً في ذلك الوقت فقد سميت بالحروف الهجائية هكذا : فيتامين ١ وفيتامين ب وفيتامين ج (A.B.C) ، ثم ظهر بعد ذلك أن الفيتامين الذى سمي مبدئياً ١ مكون من فيتامينين ترك لأحدهما الاسم ١ وأطلق على الآخر الاسم د D ؛ وظهر أيضاً أن الفيتامين ب مكون من عدة من الفيتامينات أطلق عليها ب_١ ب_٢ ب_٣ وهكذا . ويجرى العمل بسرعة في معظم أنحاء العالم للبحث عن هذه الفيتامينات من حيث تركيبها الكيميائى ومصدرها في أنواع الغذاء ، وما يسببه نقصها من الأمراض . وكما مر عام قربت نبوءة هوبكنز من الحقيقة ، إذ قال ذلك العالم الانكليزى في سنة ١٩٠٦ ما معناه : لا يمكن لأى حيوان أن يعيش على طعام مكون من البروتين والدهن ومائيات الكربون النقية حتى ولو أضيف إليه كل ما يلزم من الأملاح المعدنية . قد خلق الحيوان لياكل الأنسجة النباتية أو أنسجة الحيوانات الأخرى . وهذه تحتوى على عدد كبير جداً من مواد خلاف البروتين والدهن ومائيات الكربون . فقد دلتنا التجارب الطويلة على أن مرضى الكساح والاسقربوط ينشآن من نقص بالطعام وهذان مرضان خطيران قد شعرنا بهما لخطورتهما ، ولكن لا بد وأن هناك أمراضاً أخرى كثيرة لا نشعر بها الآن تتسبب من نقص في الطعام .

ويمكن تقسيم الفيتامينات المعروفة إلى قسمين : فيتامينات ذائبة في الدهون (Fat-soluble) ، وفيتامينات ذائبة في الماء (Water soluble) .

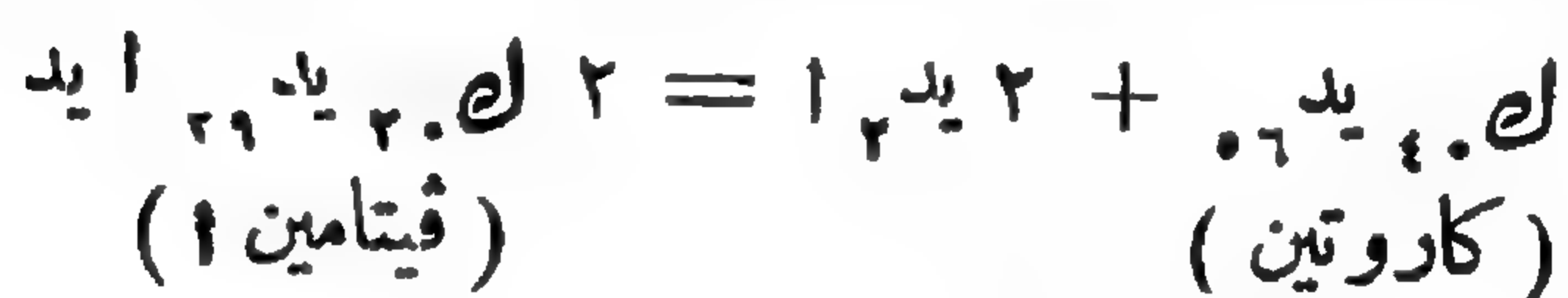
والفيتامينات الذائبة بالدهون هي ١. د. و. هـ. و. ك (A. D. E. K).
وأما الفيتامينات الذائبة بالماء فهي ب. و. ج. (B. C).

الفيتامينات الذائبة في الدهون

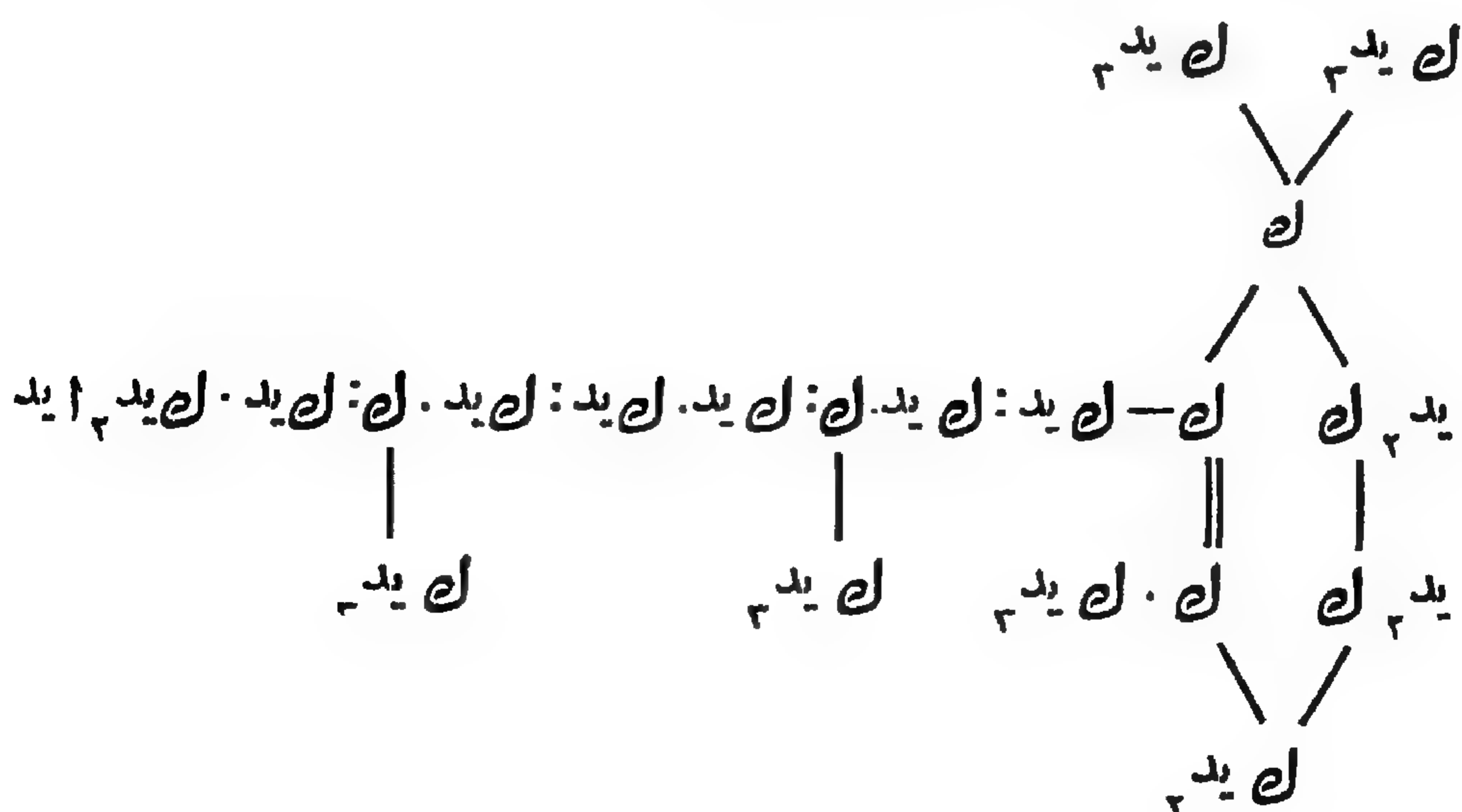
١- (١) اڻيٽامين ١ (A) اُو اڻيٽامين صند العدوى

أمكن تحضير هذا الفيتامين نقياً وفي حالة بلورية من زيت كبد السمك . وهو كحول له الرمز الكيميائي $C_{40}H_{56}$. ويمكن للكبد الثدييات أن تصنعه من الكاروتين (carotene) ، وهو صبغة حمراء توجد في الجزر ونباتات أخرى . ويحصل هذا التحويل بواسطة خميرة توجد في الكبد وتسمى كاروتينيز (carotenase) . ولذلك يكفي وجود الكاروتين بالطعام لمنع حدوث أعراض نقص الفيتامين أ

وتبين المعادلة الآتية تحويل الكاروتين إلى فيتامين أ



والرمز الكيمياءى لفتيامين ۱. هو



ومن أحسن مصادر الفيتامين ١ في الطعام الدهون التي من أصل حيواني ،
كزيت كبد الحوت وأسماك أخرى والزبدة والقشدة والبيض ولبن البقر .
ويوجد بمقادير جيدة في اللبن الآدمي والجبن والكبد العجالي والمحار .
ولا يوجد في الزيوت النباتية .

ومن أحسن مصادر الكاروتين في الطعام الجزر والسبانخ وكشك الماز
والبقول والخضروات والخبز البلدي والكرنب والجزر والخس وعصير
البرتقال والخوخ والطماطم .

ولا يتأثر فيتامين ١ بطرق تحضير الطعام العادية — كالغلي والطبخ —
بل يبقى له نفس المفعول . ولكن يتلف بالأكسدة .

أعراض نقص الفيتامين ١ من الطعام : إذا أعطى لإنسان أو حيوان
طعام كامل من جميع الوجوه ولا ينقصه إلا الفيتامين ١ وقف نموه إن كان
صغيراً ، وربما عاش بضعة شهور إن كان كبيراً ولكنه يصاب بعدها بحملة
التهابات قد تسبب الوفاة . ويحدث أكثر هذه الالتهابات بالعينين والأمعاء
والقصبة الهوائية وفروعها والمهبل . وقد تحدث بأي جزء من أجزاء الجسم
وخصوصاً الأغشية المخاطية ، ولذلك أطلق على هذا الفيتامين اسم الفيتامين
ضد العدوى . وربما كان السبب في هذه الالتهابات هو تحويل بروتين
البروتوبلازم الموجود في خلايا الغدد فيصبح قرنيا (Keratinised) وغير
ذائب كبروتين الخلايا السطحية للجلد والأظافر ، وبذا يقل إفراز هذه
الغدد فتجف الأغشية المخاطية وتصبح عرضة لتراكم الجراثيم ونموها عليها .
ويحدث هذا التغير خصوصاً في غدد الدموع والغدد اللعابية وغدد الأغشية
المخاطية . وهكذا نرى أن من أهم أعراض نقص الفيتامين ١ حدوث الرمد
الجاف (Xerophthalmia) . ويسبب الرمد الجاف العمى لكثير من الأطفال
في الهند والشرق ؛ ففي هذا المرض تتقرن خلايا غدد الدموع ويقل
إفرازها فتجف العينان وتنمو الجراثيم في كيس الملتحمة (Conjunctive)

وتمتلئ الغرفة الأمامية للعين (anterior chamber) بالصديد ، ويحدث لين في نسيج القرنية (Keratomalacia) يعقبه العمى (شكل ٥٦) . وأما إذا أعطى الفيتامين في الوقت المناسب فإن

ذلك يؤدي إلى شفاء سريع .



ومع أنه ليس هناك برهان على أن إعطاء هذا الفيتامين بكثرة يؤدي إلى زيادة مناعة الجسم ضد الأمراض فإن العكس صحيح ؛ إذ أن نقص هذا الفيتامين يؤدي إلى قلة المناعة . فقد حدثت إصابات كثيرة من التهاب العينين والالتهاب الرئوي في الدينمارك

وقت حرب ١٩١٤ — ١٩١٨ حين كانت تصدر كل الدهن الحيواني واقتصر أهلها في غذائهم على زيوت نباتية

(شكل ٥٦)

العمى الناشئ من نقص الفيتامين أ
(عن هاريس)

أو زبد صناعية (Margarine) . وكذلك وصف بعض الباحثين ١٥٠٠ حالة من التهاب العينين في أطفال يابانيين يعيشون على طعام خالٍ من الفيتامين أ ؛ وقد شفيت جميعها بمجرد إعطاء هذا الفيتامين مع الطعام . وهناك دلائل قوية على ضرورة إعطاء الحامل أو الموضع مقادير من هذا الفيتامين أكبر من المعتاد . ومن المعتقد فيه أن أهمية ذلك ليست فقط في نمو الجنين أو الرضيع بل ربما كان له فائدة أخرى في قلة احتمال الإصابة بحمى النفاس . وقد يؤدي نقص الفيتامين أ إلى تغيرات في الجلد حتى قبل إصابات العينين والأغشية المخاطية ، فيصير الجلد جافاً وبه طفح محبب . وربما كان كثير من إصابات الجلد الطفيفة في الأطفال — كالطفح الذي يحدثه الحفاظ (اللفة) — نتيجة نقص هذا الفيتامين .

هذا وتسبب قلة الفيتامين ١ العشى — أى العمى الليلي — إذ يؤدي نقص الفيتامين ١ إلى قلة الأرجوان البصرى (Visual purple) اللازم للرؤية بالليل ، إذ يدخل الفيتامين ١ أو الكاروتين في تركيب الأرجوان البصرى . هذا ويقول ماللنى (Mallenby) إن نقص الفيتامين ١ فى الكلاب يسبب فساد العقد العصبية وأعصاب السمع والتوازن الموجودة فى عظمة الصدغ (Temporal bone) ، ويؤدي ذلك إلى الصمم . ولا يدعو إعطاء الفيتامين ١ إلى الشفاء إلا إذا كان فساد العصب بسيطاً .

(٢) الفيتامين د D

أو الفيتامين ضد الكساح

قد أمكن تحضير عدة مركبات كيميائية لها خواص الفيتامين د ؛ وكلها مشتق من الكولسترول (٢٧ يد ، ١ يد) ، أو الأرجوستيرول (ergosterol) (٢٨ يد ، ٣ يد ، ١ يد) . ويكتسب الأرجوستيرول خواص الفيتامين د بتعريضه للأشعة فوق البنفسجية (طول الموجة بين ٣١٣ و ٢٥٠ × ١٠^{-٦} من المليمتر) .

وقد حضر من الأرجوستيرول — بعد تعريضه للأشعة — مركب بلورى يشابهه فى التركيب الكيميائى (isomer) ؛ وهو فعال جداً فى الوقاية والشفاء من مرض الكساح . وسمى هذا المركب كالسيفيرول (calciferol) . وقد كان يظن مبدئياً أن الكالسيفيرول هو الفيتامين د الطبيعى لولا أنه وجد أخيراً أن تأثيره فى شفاء الكساح فى بعض الحيوانات يختلف عن تأثير زيت كبد الحوت الذى يحتوى على الفيتامين الطبيعى . هذا وقد حضر مركب بلورى آخر من زيت كبد سمك التونا له الرمز الكيميائى (٢٧ يد ، ٣ يد ، ١ يد) ، وله خواص الفيتامين . وهكذا نرى أنه قد حضرت عدة مركبات كيميائية

مختلفة يمكن بواسطتها وقاية الحيوانات وشفائها من مرض الكساح ، ولكن لا يعرف بالضبط أيها الفيتامين د الطبيعي ، وربما كان هناك أكثر من فيتامين د طبيعي واحد .

وتبين الرموز التي في صفحة ٢٨١ التركيب الكيميائي لمركبين من فيتامين د وعلاقتهما بالكولسترول وبالأرجوستيرول .

ويوجد الفيتامين د بكثرة في زيت كبد الهلبوت (Halibut) والحوت وفي الدهن الحيواني — كالزبدة والقشدة واللبن ومخ البيض (صفاره) . وتختلف كمية الفيتامين د في مستخرجات الألبان تبعاً لكميتها في غذاء المواشى ودرجة تعرض المواشى لأشعة الشمس . ففي إنجلترا مثلاً تكثر الكمية في الصيف وتقل في الشتاء . ولا يوجد الفيتامين د في الزيوت النباتية إلا إذا عرضت للأشعة . ولا يتلف الفيتامين د بتعقيم اللبن بطريقة باستير ولا بالغليان أو الأكسدة — وبذا يختلف عن الفيتامين أ الذي يتلف بالأكسدة . ومع ذلك فغالباً ما يكون الطعام العادي فقيراً في الفيتامين د ؛ ويستحسن أن يضاف إليه بعض المواد الغنية به خصوصاً للأطفال الصغار .

أعراض نقص الفيتامين د : يسبب نقص الفيتامين د مرض الكساح إذ أن هذا الفيتامين مهم جداً في عملية امتصاص الكالسيوم من الأمعاء وفي تكوين العظام وتكلسها . ويظهر المرض غالباً في الأطفال بين سن ثلاثة أشهر وتسعة ؛ وقد يمكث بضع سنوات . ولكنه قابل للشفاء بتعاطي الفيتامين د ، والتعرض لأشعة الشمس بما بها من الأشعة فوق البنفسجية ؛ إذ أن ذلك يدعو إلى تكوين الفيتامين د من الأرجوستيرول^(١) الموجود بطبقات الجلد ؛ ولذا ينتشر المرض في فصل الشتاء وخصوصاً في الجهات التي تقل فيها أشعة الشمس

(١) يعتقد بعضهم أن مصدر الفيتامين د الذي يتكون بالجلد تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية ليس الأرجوستيرول بل مادة أخرى .

وفي المدن التي يكثر فيها الضباب والرطوبة والدخان والتراب ، إذ أن هذه تمنع كثيراً من الأشعة فوق البنفسجية . ويلاحظ أيضاً أن زجاج النوافذ العادي يمتص من الأشعة فوق البنفسجية كل الموجات التي يقل طولها عن 320×10^{-7} من المليمتر — أي أن الأشعة التي تمر منه ليس لها أي تأثير ضد الكساح .

وتكون العظام في مرض الكساح لينّة وهشة نظراً لعدم ترسيب فوسفات الكالسيوم بها ؛ فإذا حللت العظام كيميائياً وجد أنها تحتوي على كمية قليلة جداً من الكالسيوم والفسفور بالنسبة للعظام الطبيعية . وبينما نرى في الأطفال الأصحاء أن كمية الفسفور والكالسيوم التي تؤخذ في الطعام تزيد عن تلك التي تفرز بالبول والبراز ، (ميزان كالسيوم موجب) نرى في مرض الكساح أن الكمية التي تفرز من هذه الأملاح معادلة أو تزيد عن تلك التي تؤخذ بالطعام (ميزان كالسيوم سالب) مما يدل على عدم استعمال هذه

الأملاح لتكوين العظام بالجسم — وهكذا تنمو العظام وهي خالية من فوسفات الكالسيوم التي تعطيها القوة والصلابة ، فتحنّ العظام الطويلة ويتقوس الساقان وتتضخم المفاصل عند الكراديس (epiphysis) نتيجة لتكوين غضاريف ليس بها إلا القليل من أملاح الجير ويضيق الصدر من جانبية وتبرز عظمة القص الصدرية (sternum)



إلى الأمام ، فيصبح شكل الصدر مشابهاً لصدر الطيور

(شكل ٥٧)
مرض الكساح في طفلة مصرية عمرها سنتان
(مستشفى الأطفال . القصر العيني)

(pigeon chest) وذلك لعدم انتظام نمو الأضلاع ، كما تتأثر عظام الفكين والأسنان التي تتأخر في الظهور ، وتظهر بغير نظام ويكون سطحها خشناً .
ويبين (شكل ٥٧) طفلة مصابة بمرض الكساح ويظهر فيها جلياً تقوس العظام وتضخم المفاصل ويبين (شكل ٥٨) كلباً مصاباً بالمرض .



(شكل ٥٨)

كلب مصاب بمرض الكساح

(عن هاريس)



(شكل ٥٩)

عظام الرسع في مرض الكساح

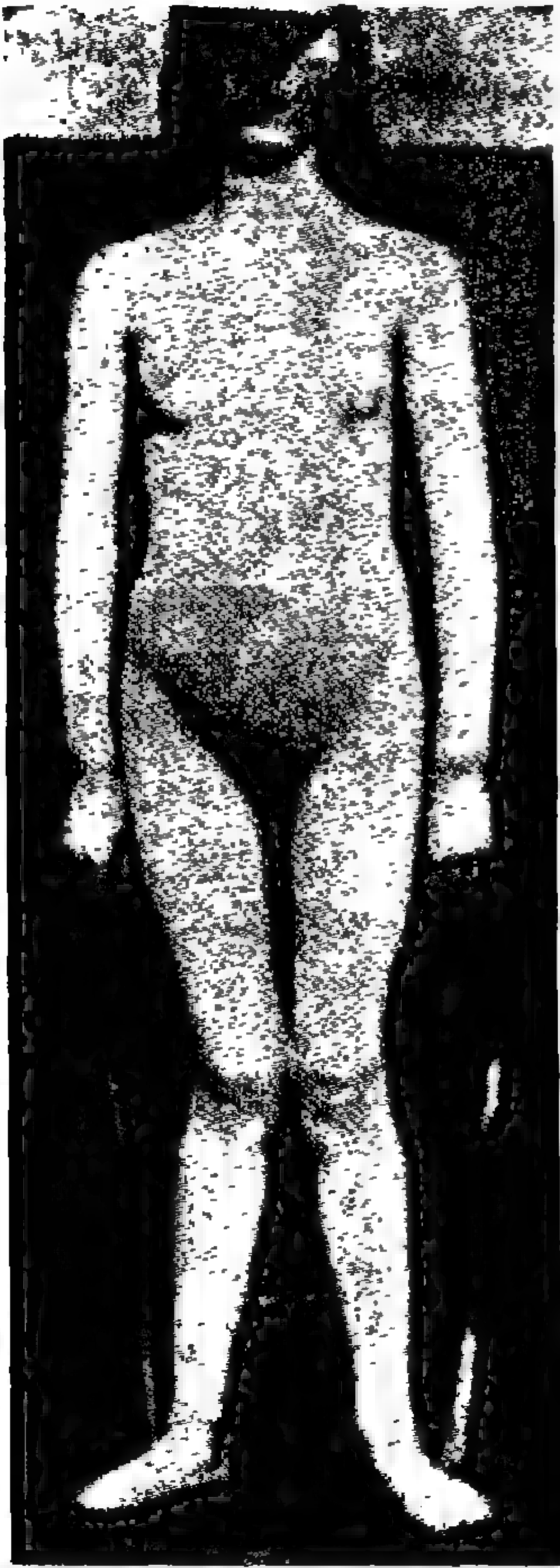
(مستشفى الأطفال ، القصر العيني)

ب بعد إعطاء الفيتامين

أ — قبل العلاج

وإذا امتحنت العظام في مرض الكساح بوساطة أشعة رونتجن ظهر ظلها أقل كثافة من ظل العظام الطبيعية . وكانت أطرافها غير منتظمة وغالباً مقعرة ، بعكس أطراف العظام الطبيعية التي تظهر مستقيمة أو محدبة .

ويبين (شكل ١٥٩) صورة مأخوذة بأشعة رونتجن لعظام الرسغ في إحدى حالات مرض الكساح . و (شكل ٥٩ ب) نفس العظام بعد علاجها بالفيتامين .



الكساح وقت البلوغ في بنت عمرها $14\frac{3}{4}$ سنة وفي ولد عمره ١٥ سنة
انظرا مصطكاك الركب (Knock-knee)
وتضخم مفاصل الرسغ والكعب
(هاريس)



(شكل ١٦٠)

وتصير محتويات الأمعاء في حالات الكساح أقل حموضة من المحتويات الطبيعية ؛ ويصبح البراز قاعدياً جداً في تفاعله . وقلة الحموضة تسبب قلة امتصاص فوسفات الكالسيوم (انظر ص ٢٨٩) . وتقل في مرض الكساح نسبة الفوسفور الغير العضوى في الدم عن النسبة الطبيعية — أى عن ٣



(شكل ٦١)

لين العظام

(هاريس)

مليجرامات في كل ١٠٠ سم^٣ — وهذا النقص من أول علامات المرض . وقد تكون نسبة الكالسيوم في الدم طبيعية ؛ وقد تنقص في بعض الحالات . وفي هذا يصحب المرض تقبض تيتنوسى مستمر في العضلات (tetany) .

هذا وقد يحدث المرض في الكبار — وخصوصاً وقت البلوغ (شكل ٦٠) وفي النساء وقت الحمل والرضاعة (شكل ٦١) إذا كان طعامهن قليل الفيتامين والكالسيوم وقل تعرضهن لأشعة الشمس . ويسمى المرض في هذه الحالة بمرض لين العظام

(ostomalacia) . وقد يدعو المرض إلى تشوه عظام الحوض والفخذين مما يجعل الولادة متعسرة إلا بعملية الشق القيصرى (Caesarian section) .

(٣) الفيتامين هـ E (ضد العقم)

يذوب الفيتامين هـ في الدهن ومذيبات الدهون وقليل في الماء . وقد أمكن الحصول عليه بلوريا نقيا ؛ ويقال إنه كحول عال لة الرمز ك_{٢٩} يد_{٢٩} . ويوجد بكثرة في الخضروات — كالخس والبسلة — وفي جرثومة كثير من الحبوب كالقمح ، وفي معظم الزيوت النباتية .

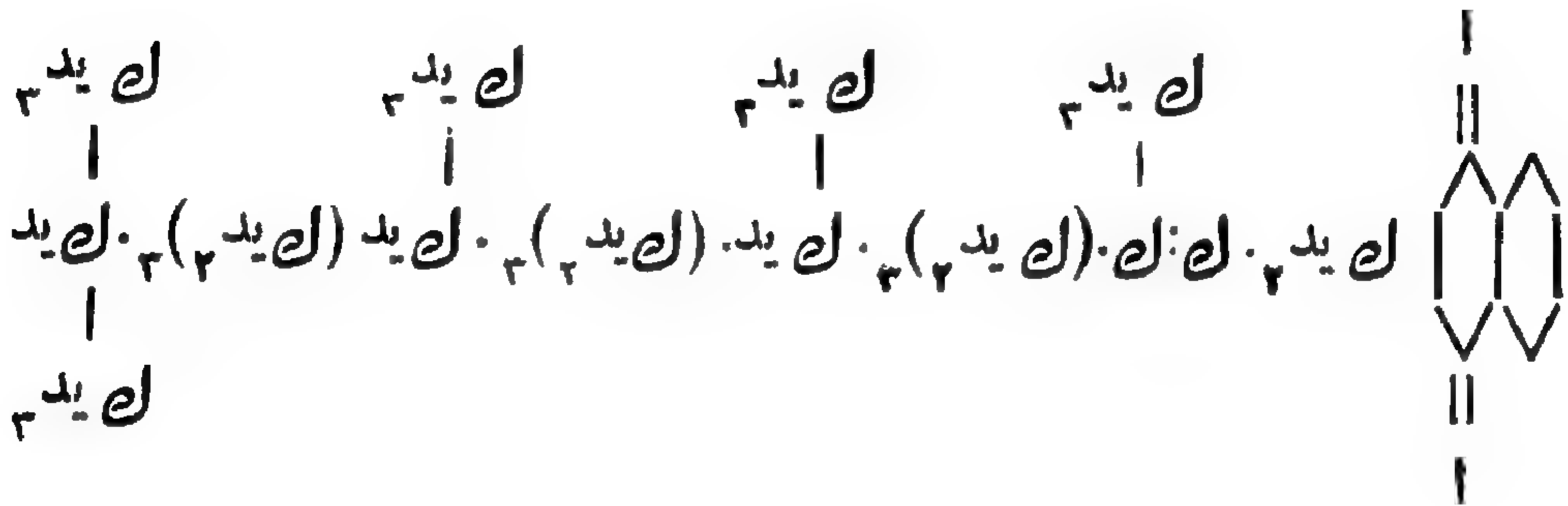
اعراضه نقص الفيتامين هـ : يسبب نقص هذا الفيتامين من طعام الفئران العقم . ويحصل ذلك بالتدريج في الذكر ؛ إذ تصبح الحيوانات المنوية أولا أقل حركة ثم تختفي ؛ ويصيب الخصيتين الضمور . ويدعو نقص الفيتامين في الأنثى إلى إجهاض الجنين قبل ميعاد الولادة ، مما يسبب وفاته . ولا يعلم للآن إن كان للفيتامين نفس الأهمية في الإنسان . ويدعى بعضهم أنه باستعمال خلاصات مركزة من هذا الفيتامين أمكن علاج بعض حالات الإجهاض المتكررة .

(٤) الفيتامين ك K

أو الفيتامين ضد النزيف

الفيتامين ك هو فيتامين يذوب في الدهون ؛ ويوجد في دهن الكبد والسماك ومع البيض وفي الخضروات كالجزر والطماطم وفي ردة الأرز . ويختلف عن الكاروتين . ونقصه من الطعام يدعو إلى إطالة المدة اللازمة لتجلط الدم فيحدث النزيف تحت الجلد وفي البطن وفي العضلات . ويتسبب من ذلك فقر الدم ويصيب هذا المرض الفراخ والبطة والأوز والحمام . ولكنه لا يحدث في الفئران وخنزير غينيا والكلاب . ويظن أن الفيتامين ينظم بطريقة ما تكوين البروثرومبين (prothrombin) الذي يلزم لتجلط الدم .

وفي غيابه تنخفض نسبة البروثرومين في الدم . وإذا انخفضت النسبة إلى أقل من ٢٠ في المائة من النسبة الطبيعية طالت مدة تجلط الدم وحدث النزيف وإذا أعطى الفيتامين مع أملاح الصفراء التي تساعد امتصاصه من الأمعاء ارتفعت النسبة فوق هذا المستوى الخطر ووقف النزيف وقد أمكن معالجة كثير من حالات النزيف من الرئة ومن مواضع أخرى في الإنسان بوساطة هذا الفيتامين ، مما يدل على أن الإنسان عرضة لأعراض نقص هذا الفيتامين في غذائه . والرمز التركيبي لهذا الفيتامين هو :



الفيتامينات الذائبة في الماء

الفيتامين ب

أعطى هذا الاسم مبدئياً للفيتامين ضد التهاب الأعصاب (ضد مرض البرى برى) (Beri-beri) ثم ظهر بعد ذلك أن ما كان يسمى بالفيتامين ب يتكون في الواقع من فيتامينين : أحدهما يمنع حدوث مرض البرى برى ، والآخر يمنع حدوث مرض الپلاجرا (Pellagra) — فأعطى الأول لقب فيتامين ب_١ وأعطى الثاني لقب ب_٢ ، وهما غالباً يوجدان معاً في نفس مواد الطعام ، ولكن أمكن أخيراً التمييز بينهما إذ أن الخميرة الطازجة تمنع حدوث البرى برى والپلاجرا ، في حين أنه إذا رفعت درجة حرارتها في الأوتوكلاف (autoclave) فقدت مقدرتها على منع أو شفاء البرى برى وبقيت قوتها في

منع مرض البلاجرا وشفائه . ثم وجد أن مستخرج الذرة له قوة ضد مرض البرى برى فى حين أنه لا يمنع مرض البلاجرا .

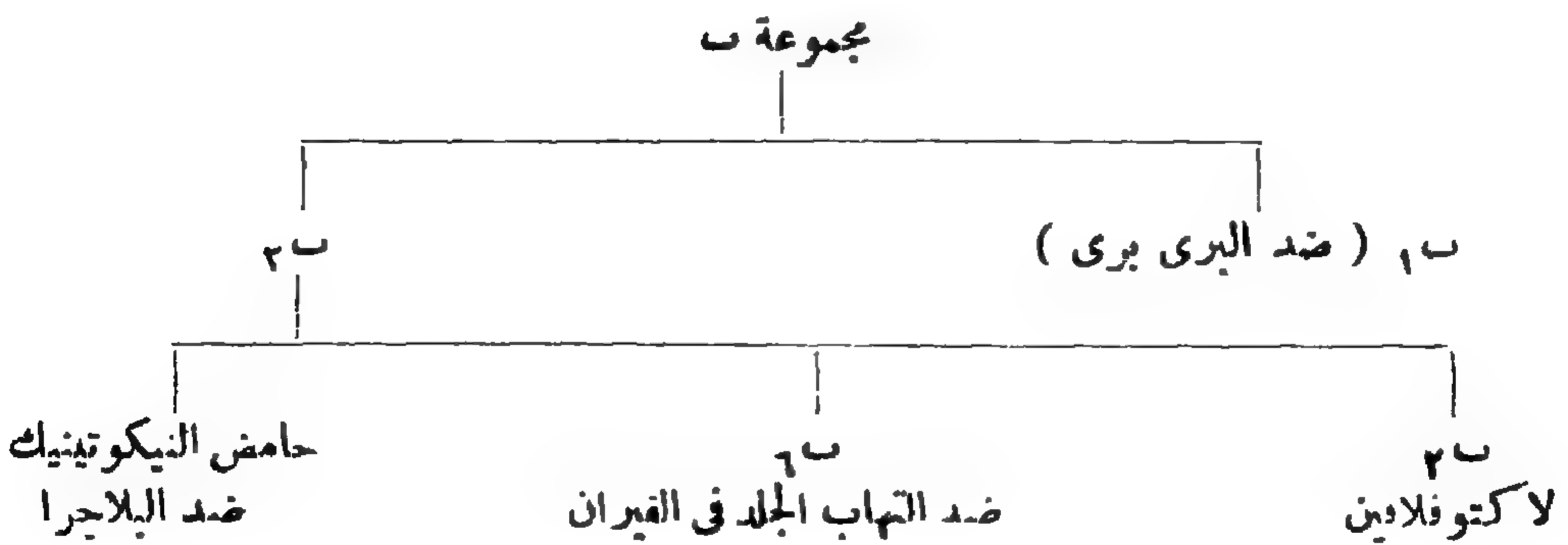
ثم ظهر بعد ذلك أن الفيتامين ب_١ — أى الفيتامين ضد البلاجرا — يتكون من ثلاثة فيتامينات على الأقل ، مما أدى إلى بعض الارتباك .

أولاً : الفيتامين ضد البلاجرا ، ويستحسن تلقيبه باسمه الكيميائى ، إذ أنه قد أصبح معروفاً أن هذا الفيتامين هو حامض النيكوتينيك (nicotinic acid)

ثانياً : الفيتامين ضد التهاب الجلد فى الفئران وسمى فيتامين ب_٢ .

ثالثاً : اللاكتوفلافين (Lactoflavin) ، وهو يلزم للنمو ، وبعضهم يحتفظ له باسم ب_٣ بدلا من الفيتامين ضد البلاجرا . وبعضهم يكتفى بالاسم الكيميائى لاكتوفلافين .

ويمكن تقسيم مجموعة فيتامين ب كما يأتى :



هذا وقد اكتشفت فيتامينات أخرى لها تأثير فى بعض الحيوانات ، وأطلق عليها ب_٣ و ب_٤ و ب_٥ ، ولكن لا يعرف الآن شىء عن تركيبها الكيميائى أو عن تأثيرها فى غذاء الانسان .

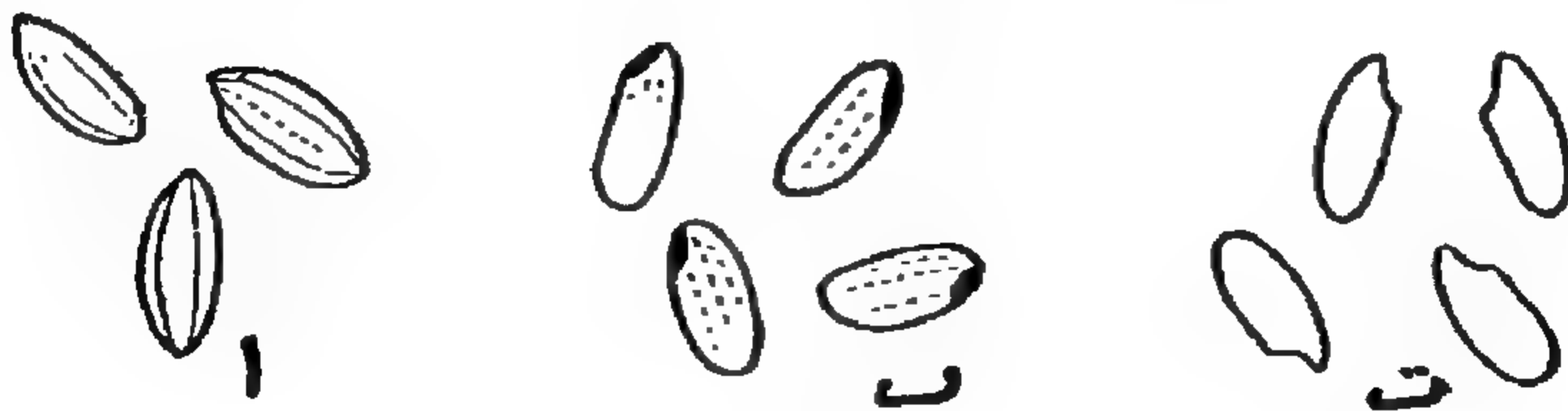
أعراضه نقص الفيتامين ب، يسبب نقص هذا الفيتامين من الطعام التهابات في الأعصاب (Polyneuritis) تدعو إلى شلل العضلات وإلى فقد



الحساسية (شكل ٦٢). ويسمى المرض في الانسان بمرض البري بري (Beriberi). والمرض نوعان: أحدهما يكون مصحوباً بأوذما (oedema) والآخر غير مصحوب بها.

وينتشر المرض في الجهات التي يتكون معظم الطعام فيها من الأرز بعد تبييضه — كاليابان والصين والهند، ويشفى المرض إذا ما أضيف إلى الطعام الفيتامين ب، أو ما يفصل من الأرز في عملية التبييض (شكل ٦٣).

وقد أمكن إحداث المرض في الحيوانات — كالفراخ والحمام والكلاب — بحذف الفيتامين ب من الطعام، وشفأوها بإضافة الفيتامين. ويبين (شكل ٦٤) ١



(شكل ٦٣)

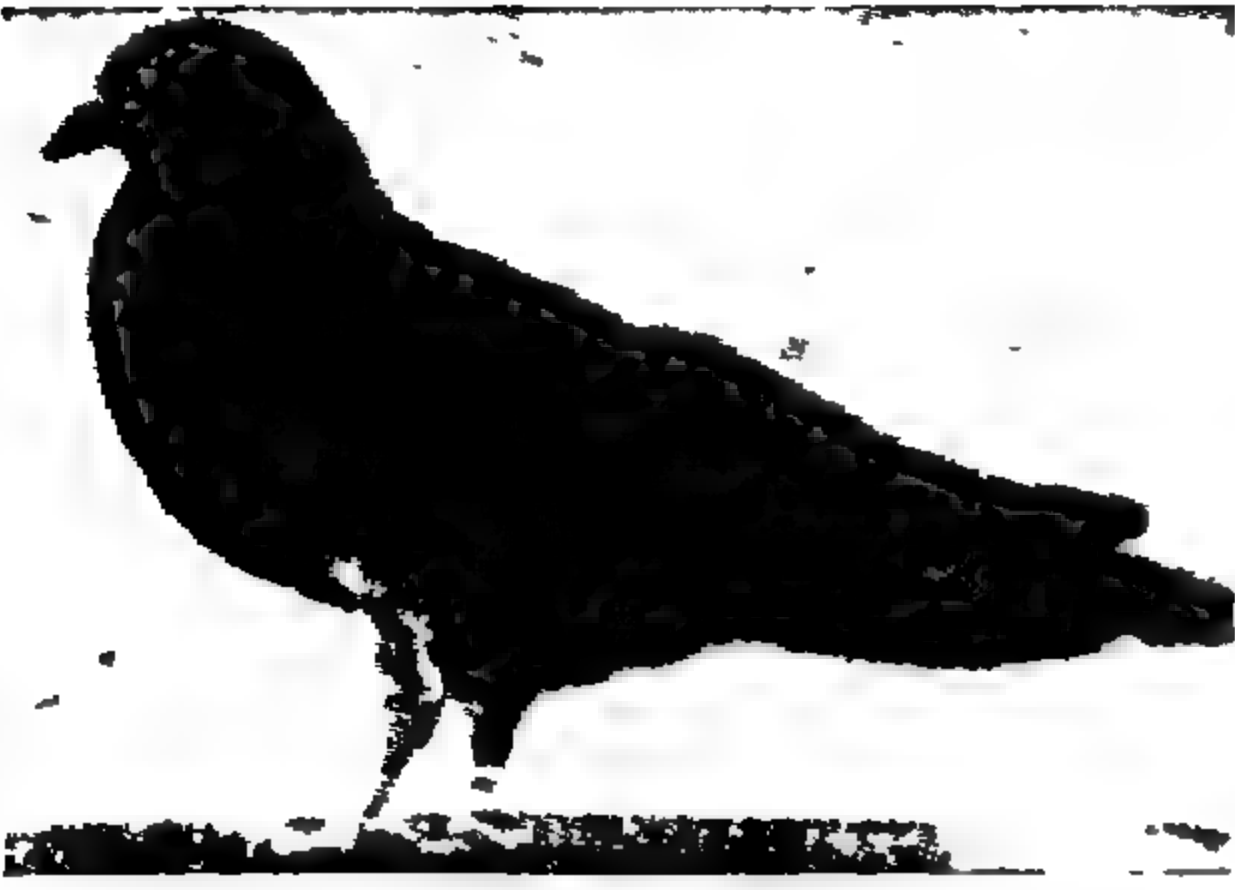
حب الرز

١ — قبل عملية التبييض

ب — بعد نزع القشور الخارجية وبقاء الجنين (البقعة السوداء) الذي يحتوى على الفيتامين

ت — بعد عملية التبييض، وتنزع هذه العملية الجنين مع القشور (عن هاريس)

حماسة مصابة بالمرض ؛ ويلاحظ وضعها غير الطبيعي : فالرأس إلى الخلف ؛ والحيوان لا يمكنه الوقوف . ويبين الشكل (٦٤ ب) نفس الحماسة بعد معالجتها بالثيامين .



ب

ا

(شكل ٦٤)

(عن شومان)

وهناك أدلة على أن إحدى وظائف هذا الثيامين على الأقل تتعلق بالتمثيل الغذائي لمائيات الكربون في النسيج العصبي . فالثيامين ، متحداً مع حامض بيروفوسفوريك ، يكون مساعداً (Co-enzyme) للخميرة كاربوكسيلير (Carboxylase) التي تؤثر في حامض بيروفيك وتحوله إلى أسيتالدهيد (Acetaldehyde) . ففي غياب الثيامين لا تعمل هذه الخميرة فيتراكم حامض بيروفيك وحامض اللبنيك بكميات كثيرة في النسيج العصبي وفي الدم . وتزيد أعراض نقص الثيامين بـ إذا كان الطعام غنياً بمائيات الكربون . وفضلاً عن ذلك وجد أنه إذا أخذت قطع من مخ حيوان بعد إصابته بمرض التهاب الأعصاب نتيجة لنقص الثيامين بـ وجدت أنها تستهلك كميات من الأوكسيجين أقل من مخ الحيوانات العادية ، ويتراكم بها حامض البيروفيك وحامض اللبنيك . وإذا أضيف إليها الثيامين بـ زادت كمية الأوكسيجين التي يستعملها النسيج العصبي وقلت كميات حامض اللبنيك والبيروفيك الموجودة بها .

ويدعو نقص الفيتامين من طعام الفيران إلى نقص كبير في سرعة ضربات القلب (Bradycardia) .

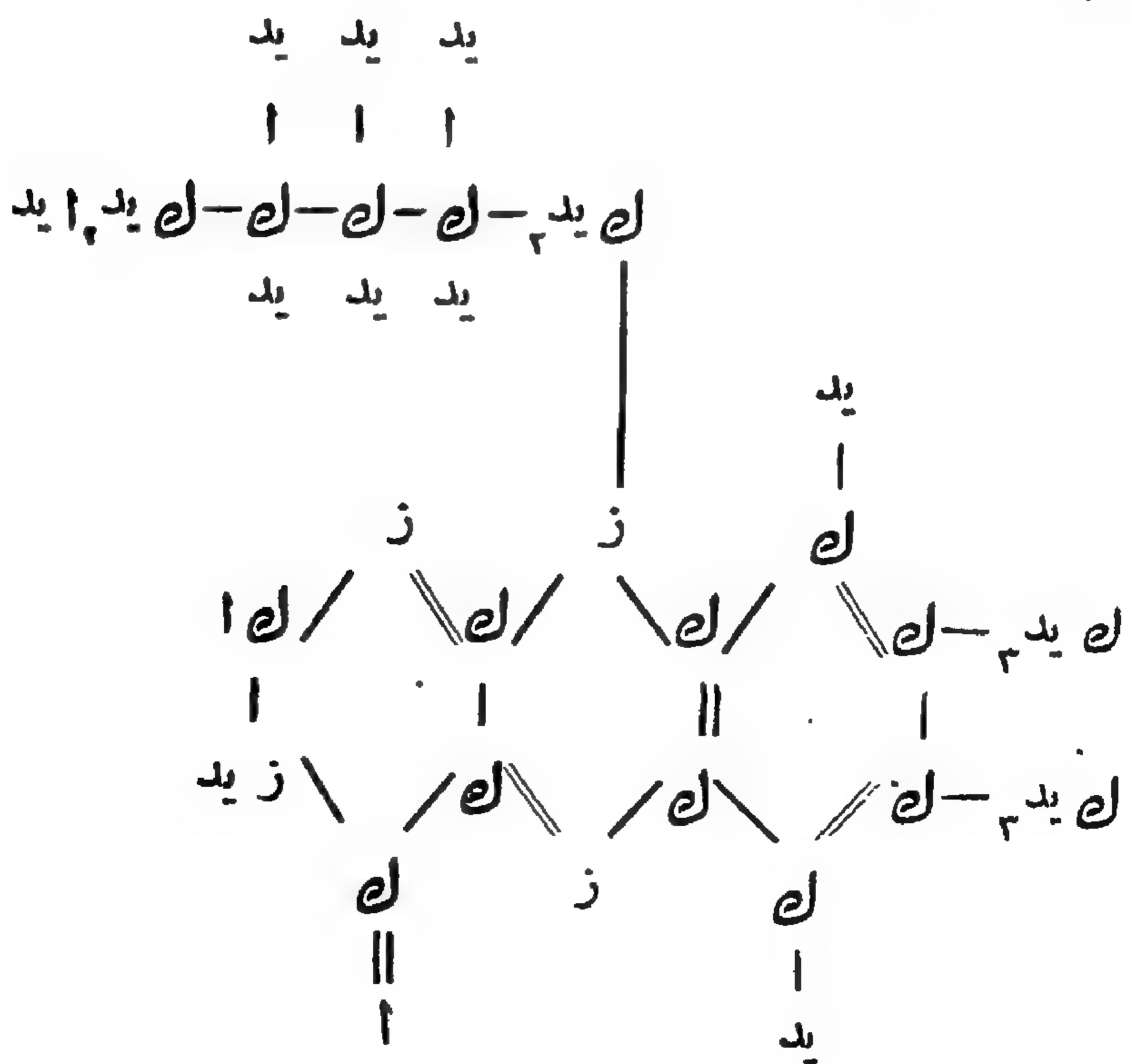
ويصحب التهاب الأعصاب في هذا المرض بعض الخلل في الجهاز الهضمي . وربما كان ناتجاً من التهاب أعصابه فتقل حركة المعدة والأمعاء وينضمر الغشاء المخاطي ويقل الإفراز ، وينشأ عن ذلك فقد شهية الشخص أو الحيوان فيقف نموه .

(٢) الفيتامين ب_٢ B₂

أو اللاكتوفلافين اللازم للنمو

يلزم هذا الفيتامين للنمو . وهو يتبع فصيلة من الأصباغ الصفراء الوضائة (fluorescent) تسمى فلافينات (favins) . وربما كان رمزه الكيميائي

ك_{١٧} يد_{٢٠} ز_٤ ا_٦ .



وهو يذوب في الماء وفي ٥٠٪ من الكحول ولكنه لا يذوب في ٨٠٪ من الكحول. وهو أكثر احتمالاً للحرارة من فيتامين ب_١، فلا يتلف في درجة حرارة الأتوكلاف. ويوجد هذا الفيتامين بكثرة في الخميرة وفي الكبد واللحم والخضروات؛ ويوجد أيضاً في بياض البيض وشرش اللبن. وقد وجد أن الفلافين — باتحاده مع بروتين — يكون خميرة مهمة في عملية تنفس الخلايا، أى في عملية أكسدة المواد بالأنسجة (أنظر باب تنفس الأنسجة بالجزء الثاني).

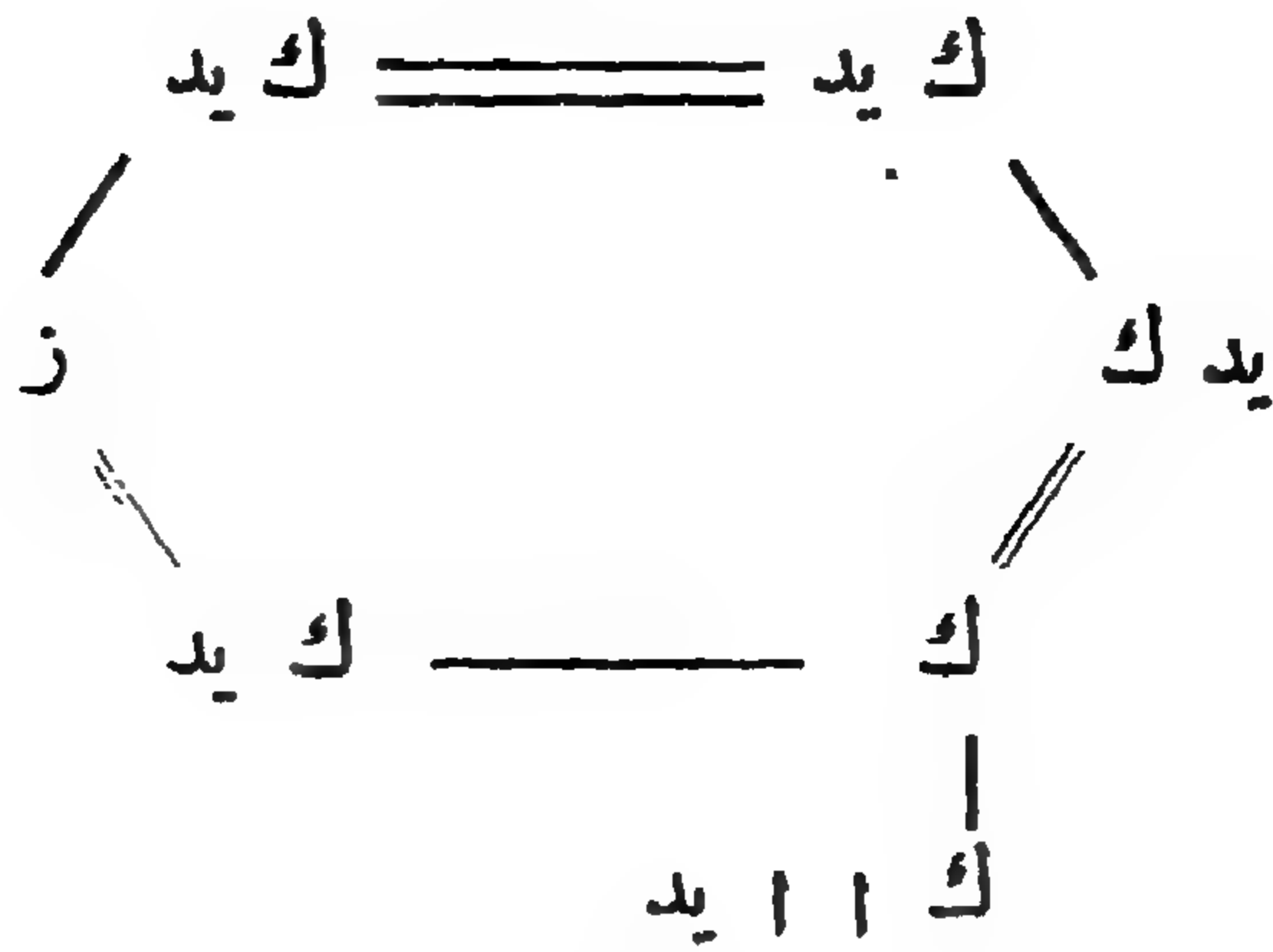
أعراضه نقص الفلافين من الطعام : يدعو نقص هذا الفيتامين من الطعام إلى وقف النمو. فقد وجد أنه إذا أعطى الفئران طعاماً كاملاً وبه الفيتامينين ١ و ٦ ب_١. ولكن ينقصه الفلافين وقف نموها حتى يضاف الفلافين إلى الطعام.

والصغار الذين لا ينمون بدرجة طبيعية غالباً ما يكون طعامهم ناقصاً في هذا الفيتامين. فقد أجرى تسدال (Tisdall) تجربة على مجموعتين من الأطفال، فأضاف إلى طعام مجموعة منهم كمية من الفيتامين ب بأقسامه، وأعطى المجموعة الثانية نفس الطعام ولكن بدون إضافة الفيتامين إليه، فكان متوسط نمو أفراد المجموعة الأولى في سبعة شهور معادلاً لـ ١,٦ من متوسط نمو أفراد المجموعة الثانية.

(٣) الفيتامين ضد البلاجرا

(Anti Pellagra or P. P. Factor)

يوجد هذا الفيتامين في المواد المحتوية على الفيتامين ب_٣ بأقسامه. فيوجد بكثرة في الخميرة وفي جنين الحبوب. وقد عرف أن هذا الفيتامين هو حامض نيكوتينيك (nicotinic acid). فقد أمكن حديثاً شفاء مرض البلاجرا بهذا الحامض. ورمزه التركيبي هو :



ويوجد مرض البلاجرا في الجهات التي يتعاطى أهلها الذرة كطعامهم الأساسي — كمصر وإيطاليا وأسبانيا وجنوب الولايات المتحدة . ويحدث المرض سواء كانت الذرة تؤخذ بأكملها أو بعد عملية التبييض واستئصال الجنين.



وأهم أعراض المرض (شكل ٦٥) هو احمرار الجلد والتهابه وجفافه وتكون قشور به في الأجزاء المعرضة لأشعة الشمس كالخدود والأنف والرقبة وظهر اليد، والتهاب وتقرح باللسان وخلل في الجهاز الهضمي مصحوب بإسهال ؛ وفساد الخلايا العصبية والطرق العصبية الموجودة بالمنخ والنخاع الشوكي ، فتضعف العضلات وترتعش ، وأخيراً قد يصاب الشخص بالجنون . هذا ومن العوامل التي تساعد على ظهور المرض تناول طعام ليس به

(شكل ٦٥)
مصري مريض بالبلاجرا
(مستشفى الأطفال — القصر العيني)
بروتينات ذات قيمة حيوية عالية، أي طعام ينقصه بعض الأحماض الأمينية .

وقد كانت الفكرة المبدئية أن مرض البلاجرا ينتج من نقص في الأحماض
الأمينية وليس من نقص في الفيتامين .

ويصيب الكلاب مرض يشابه مرض البلاجرا في الإنسان يسمى مرض
اللسان الأسود (Black tongue) ، فتظهر بالحيوان تقرحات في اللسان والغشاء
المخاطي للفم ويلتهب جلد الصفن (scrotum) . ويشفى المرض بإضافة المواد
المحتوية على مجموعة الفيتامين ب إلى الطعام كما أمكن شفاؤه بوساطة حامض
نيكوتينيك .

وبالنسبة لأهمية هذا المرض في مصر قد قدرت حديثاً^(١) قيمة حامض
النيكوتينيك في كثير من الأغذية المصرية الشائعة ووجد أنه يوجد بكثرة في
البلح بأنواعه وخصوصاً الجاف (الابرمي) وفي سن القمح الأحمر والأبيض
كما توجد كميات متفاوتة منه في دقيق القمح وفي الخضروات المصرية كالملوخيا
والباميا والقرع والباذنجان والخبيزة والفجل وفي الفواكه كالليمون والليمون
والبرتقال .

الفيتامينات ب_١ و ب_٢ و ب_٦

لا يعرف عن هذه الفيتامينات شيء كثير من حيث تركيبها الكيميائي أو
من حيث وظيفتها في الإنسان . وكل ما ثبت وجودها هو أنه بإضافة الفيتامينات
المعروفة ب_١ و ب_٢ و ب_٦ إلى طعام حيوانات غذيت مدة بالأرز بعد تببيضه حتى
أصابها التهاب الأعصاب ووقف نموها لا يمكن شفاؤها تماماً إلا إذا أضيف
إلى الطعام الخميرة بأكملها أو مواد أخرى مخصوصة .

الفيتامين ب_١ — ويلزم لنمو الحمام والدجاج الذي يغذى بالأرز بعد
تببيضه ، ولكنه لا يلزم للفئران . ويختلف عن الفيتامين ب_٢ بأنه يتلف
بالحرارة .

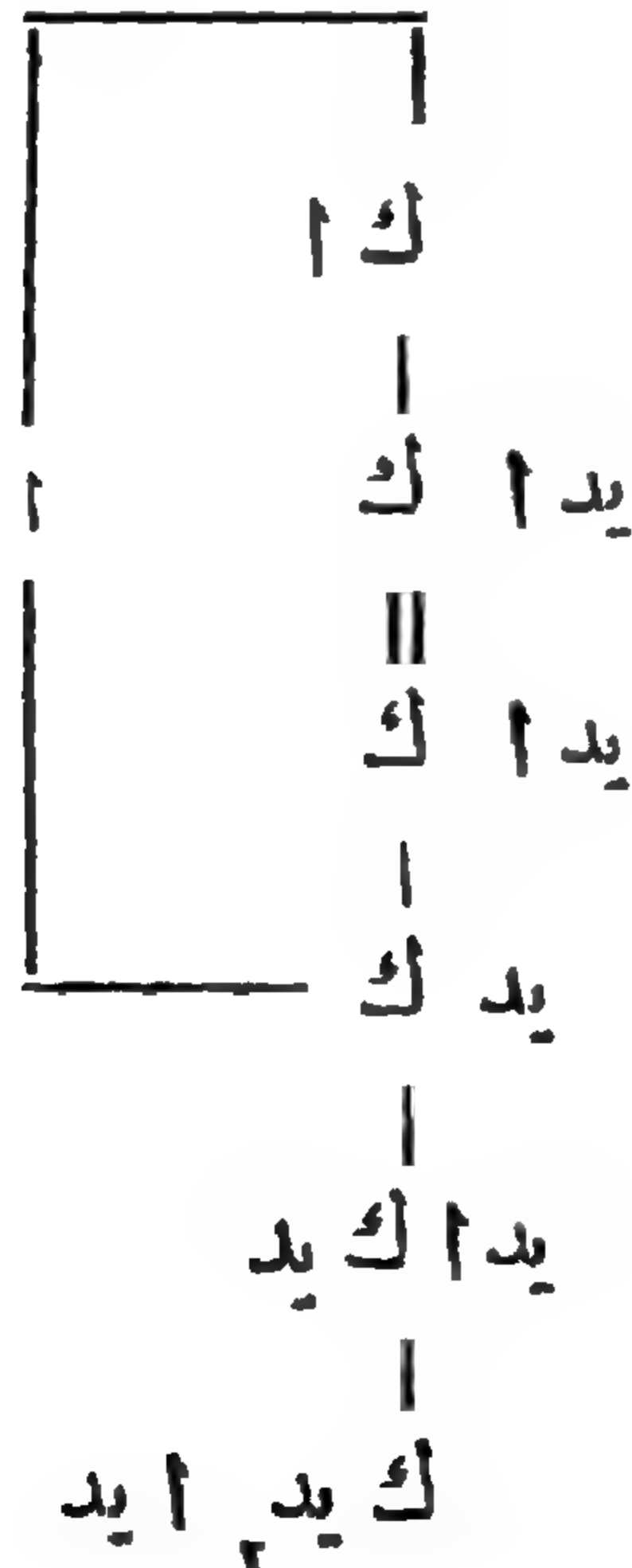
(١) معمل الكيمياء الحيوية ، كلية الطب الملكية ، تحت إشراف الأستاذ علي حسن .

الفيتامين ب_٤ — ويلزم لنمو الفئران والحمام . ويسبب نقصه ضعفاً في العضلات ، ويوجد في جنين القمح ؛ ويتلف بسرعة بالحرارة .
 الفيتامين ب_٥ — ويلزم لنمو الحمام بعد تغذيته بالرز بعد تبديضه ،
 ويختلف عن الفيتامين ب_١ وب_٢ بأنه لا يتلف بالحرارة في الوسط القاعدي .
 الفيتامين ب_٦ — ويدعو نقصه إلى التهاب الجلد في الفئران .

(٤) الفيتامين ج G

الفيتامين ضد مرض الأسقربوط

حضر هذا الفيتامين على شكل بلورات بيضاء ، ورمزه الكيميائي ك_١ يد_٨ ، وهو عبارة عن حامض أسكوربيك (ascorbic acid) .
 ورمزه التركيبي هو :



وهو سريع التأكسد ؛ ويتلف بسرعة بالحرارة ، فغليان الأطعمة أو تجفيفها أو حفظها يجعلها خالية من الفيتامين ، وإذا استعملت أوان نحاسية في طبخ الطعام تلف الفيتامين بسرعة عما إذا كانت الأواني من الألومنيوم أو

الصاج ، إذ أن النحاس يساعد على أكسدة الفيتامين ، وإذا سخن اللبن لدرجة ٦٠ مئوية لمدة نصف ساعة (طريقة باستير) في إناء نحاسي تلف بين ٨٠ و ٩٠ في المائة مما به من الفيتامين في حين أنه إذا سخن في إناء من الألومنيوم أو الصاج فقد اللبن جزءاً صغيراً فقط مما به من الفيتامين ج .

ويوجد الفيتامين ج بكثرة في عصير الفواكه ، وخصوصاً الموالح كالبرتقال والليمون ، وفي بعض الخضروات كالطماطم والكرنب والسبانخ ، ويوجد بكميات قليلة في اللحم واللبن .

أعراض نقص الفيتامين ج : يسبب نقص الفيتامين ج من الطعام مرض الاسقربوط . وقد كان هذا المرض معروفاً من زمن قديم ، فقد كان آفة مهلكة للبحارة في رحلاتهم الطويلة ، وللممالك التي في شمال أوروبا وقت الشتاء حينما يندر وجود الخضروات والفواكه الطازجة وخصوصاً وأن زراعة البطاطس^(١) لم تكن معروفة في أوروبا . وما يذكر للدلالة على درجة انتشار مرض الاسقربوط بين البحارة في تلك الأزمنة أنه لما قام فاسكوداجاما (Vasco da Gama) برحلته حول رأس الرجاء الصالح في سنة ١٤٩٨ مات بهذا المرض مائة بحار من رجاله البالغ عددهم ١٦٠ . وفي عام ١٧٢٠ اكتشف طبيب من أطباء الجيش النمساوي ويدعى كرامر (Kramer) أنه يمكن شفاء هذا المرض بثلاث أو أربع أوقيات من عصير البرتقال دون أي دواء آخر .

وقد قال الكابتن لند (Lind) في سنة ١٧٥٧ في كتابه عن مرض الاسقربوط ، أنه يمكن شفاء أشد الحالات صعوبة في مدة ستة أيام بعصير البرتقال والموالح الأخرى . وهكذا أمكن التغلب على هذا المرض ؛ ولكن ذلك لا يعني عدم وجوده بعد ذلك ؛ إذ أنه لأسباب حرية أو اقتصادية كثيراً ما ينتشر المرض

(١) البطاطس مصدر جيد للفيتامين ج .

إذا انعدمت أو قلت مصادر الفيتامين ج من الطعام . وقد ظهر المرض بكثرة في الحرب الأوروبية (١٩١٤ — ١٩١٨) في جهات كثيرة من أوروبا خصوصاً في فصائل الجيوش التي في المقدمة .

ويحدث المرض في الأطفال الصغار . إذ اللبن فقير به وكما سبق أن قلنا فإن الفيتامين يتلف بسهولة بتحضير اللبن ولذا يستحسن دائماً أن يعطى للأطفال الرضعية بعضاً من عصير البرتقال الطازج .

وأهم أعراض هذا المرض هو قابلية الجسم للنزيف بسهولة ، فيحدث النزيف بالثة فتصبح لينة وإسفنجية وتزعزع الأسنان ، ويحدث النزيف تحت الجلد وفي المفاصل حيث يسبب ألماً شديداً . (شكل ٦٦) .



ويمكن بوساطة أشعة رونتجن رؤية تغيرات في العظام . وتصاب الأسنان في المرض فتفسد الخلايا التي تكون عاج السن (dentine) فلا يتكون عاج كما لا يتكون ميناء الأسنان (enamel) .



ويصحب مرض الأسقربوط فقر الدم ، وفقر الدم الذي يوجد في هذا المرض أكثر من أن يتسبب من الأنزفة التي يحدثها المرض ، ولذلك يظن أن الفيتامين ج أساسي لتكوين كرات الدم الحمراء بوساطة نخاع العظام .

ويكون المرضى بالأسقربوط — أو الذين لا يتناولون كمية كافية من الفيتامين ج ولكن لم يظهر عليهم أعراض المرض بعد — معرضين للعدوى

ببأمراض المعدية . ويستعمل فيتامين ج في علاج مرض الأسقربوط (عن هاريس) كثير من الحيات وعند إعطائه لا يظهر بالبول إلا بكميات أقل من ظهوره

(شكل ٦٦)

فى الحالات الطبعفة مما فدل على استعماله فى الجسم لمكافحة المرض أو لتكوين أجسام مضادة نوعفة (specific antibodies).

وأما فى الحيوانات فىحدث المرض فى بعضها دون الآخر . فىحدث فى خنزفر غفنا وفى القروء ، فى ففن أنه لا فحدث فى الكلاب والفئران ومعظم ففوانات المزارع الألففة ، والسبب فى ذلك أن هذه الففوانات فمكنها أن تصنع الففتامفن فى جسمها ولا فحتاج إلفه فى الطعام .

كففة عمل الففتامفن ج : لحامض الأسكورفك قوة اختزال كبفرة وفى الغالب أنه فلزم لعملفات الأكسفة فى خلافا الجسم (أنظر باب تنفس الأنسجة بالجزء الثانف) . وفى غفابه لا فمكن لبعض الخلايا أن تقوم بوظائفها وبذا تضعف جدران الشرفافف الدموفة ، فىحدث النزف ، وتضعف خلافا الأسنان (odontoblasts) فلا تتكون الأسنان طبعفأ ، وهكذا .

الباب الخامس والعشرون

الغذاء الكامل

(Adequate Diet)

الغذاء الكامل هو الذى يدعو إلى النمو والصحة والإخصاب ، ولكى يكون الطعام كاملاً يجب أن تتوفر فيه الشروط الآتية :

أولاً : يجب أن يكون الطعام شهيئاً حتى يستدر الإفرازات العصبية والنفسية للعصارات الهضمية المختلفة ، ويجب أن يكون مطبوخاً جيداً ، سهل الهضم حتى يتمكن الجسم من الاستفادة منه .

ثانياً : يجب أن تكون كمية الطعام — أى قيمته الحرارية — كافية لحاجات الجسم حتى لا يرغم على استعمال أنسجته الخاصة للحصول على الطاقة اللازمة له . ومن الواضح أن كمية الطعام اللازمة تختلف من شخص إلى آخر بحسب سن الشخص ونوعه والمجهود الرياضى الذى يقوم به ودرجة حرارة الجو الذى يعيش فيه .

والأساس فى تقدير كمية الطعام اللازمة لأى شخص أن يحسب له ما يعوضه عن طاقة التمثيل الغذائى القاعدى والمجهود الرياضى الذى يقوم به . ويضاف إلى ذلك ما يلزم عوضاً عن الفعل النوعى الديناميكي للطعام وعمما قد يفقد من الطعام فى عملية تحضيره وطبخه .

وعلى سبيل المثال يمكن تقدير الكمية اللازمة لشخص يقوم بمجهود رياضى فى اليوم يعادل ١٠٠,٠٠٠ كيلو جرام متر كما يأتى :

١ — لنفرض أن مساحة سطح جسم الشخص ١,٨ من المتر المربع

وسنه ٢٠ سنة — فيكون ما يلزم في اليوم الواحد عوضاً عن التمثيل الغذائي القاعدي $١٧٢٨ = ٢٤ \times ١,٨ \times ٤٠ =$ سعراً

ولما كان التمثيل الغذائي القاعدي أقل

بمقدار ١٠ ٪ وقت النوم فيجب خصم

ذلك (مدة النوم ٨ ساعات) وهو . . . $٥٨ = \frac{١٠ \times ٨ \times ١,٨ \times ٤٠}{١٠٠}$ سعراً

. . . ما يلزم للتمثيل الغذائي القاعدي $١٧٢٨ - ٥٨ = ١٦٧٠$ سعراً

ب — كل سعر حرارى واحد =

٤٢٦,٥ كيلو جرام متر وعليه تكون

القيمة الحرارية للمجهود الرياضى = ٢٣٠

سعراً . ولما كانت القدرة الميكانيكية

للجسم ٢٠ ٪ (ص ١٥٥) فانه للقيام بهذا

المجهود الرياضى يصرف الجسم . . . $١١٥٠ = \frac{١٠٠ \times ٢٣٠}{٢٠}$ سعراً

. . . + ١٠٠ ب = $١٦٧٠ + ١١٥٠ = ٢٨٢٠$ سعراً

ح — يضاف إلى ذلك ٧ ٪ تقريباً

نظراً للفعل النوعى الديناميكى للطعام

المتكون من مواد الغذاء الثلاث فيكون

النتائج $٣٠١٧ = \frac{١٠٧ \times ٢٨٢٠}{١٠٠}$ سعراً

و — يضاف إلى ذلك ١٠ ٪ نظراً

لما يفقده الطعام فى عملية الطبخ فتكون

القيمة الحرارية للطعام الخام التى الذى

يجب إعطاؤه للشخص . . . $٣٣١٩ = \frac{١١٠ \times ٣٠١٧}{١٠٠}$ سعراً

ضربنا المثل المتقدم حتى يمكن اتباعه عند تقدير الطعام اللازم لآى

هيئة من الهيئات ويبين جدول (١٢) القيمة الحرارية التي تلزم عوضاً عن المجهود الرياضى فى الهيئات المختلفة .

جدول (١٢)

نوع المعيشة	القيمة الحرارية التي تعوض المجهود
حياة خاملة	سعر من ٥٠٠ إلى ٦٠٠
عمل خفيف (تاجر)	من ٨٠٠ إلى ١٢٠٠
عمل متوسط (ميكانيكى)	من ١٢٠٠ إلى ١٥٠٠
عمل شاق (فاعل أو رياضى)	من ١٥٠٠ إلى ٤٠٠٠

ويلاحظ عند تموين العائلات أن الأطفال يحتاجون إلى كميات أكبر من الغذاء بالنسبة لأوزانهم ، فبينما يحتاج الشخص البالغ على المتوسط إلى ٤٦ سعرا حراريا فى اليوم لكل كيلو جرام من وزنه ، نرى أن الأطفال دون الثانية من العمر يحتاجون إلى ١٠٠ سعر حرارى لكل كيلو جرام ، والأطفال من سنتين إلى ١٤ سنة يحتاجون إلى ٨٠ سعراً . وذلك للأسباب الآتية :

- (١) ارتفاع سرعة التمثيل الغذائى القاعدية فى الأطفال .
 - (٢) يستعمل بعض الطعام فى بناء بروتوموبلازم جديد فى النمو .
 - (٣) الأطفال أكثر نشاطا من الكبار ، وحركتهم مستمرة .
- فاذا اعتبرنا أن الرجل البالغ الكامل النمو (رب البيت) يحتاج لوحدة من الطعام كانت النسبة التي يحتاجها الأطفال كجدول (١٣) بحسب السن هذا ويجب إعطاء الحوامل والمراضع كميات كافية من الطعام لبناء الجنين أو لإفراز اللبن .

ثالثا : يجب أن يحتوى الطعام على المواد الثلاث العضوية الأساسية —
أى البروتينات والدهون ومائيات الكربون .

جدول (١٣)

السن	كمية الطعام
الرجل البالغ (رب البيت)	١,٠٠
الزوجة	٠,٨٣
الطفل حتى السنة الأولى	٠,٢٠
• من السنة الأولى إلى سنتين	٠,٣٠
• من سنتين إلى ٣ سنوات	٠,٤٠
• من ٣ سنوات إلى ٦ •	٠,٥٠
• من ٦ سنوات إلى ٨ •	٠,٦٠
• من ٨ • • ١٠ •	٠,٧٠
• من ١٠ • • ١٤ سنة	٠,٨٣
الذكور من ١٤ سنة • ٢٠ •	١,٠٠
الإناث من ١٤ سنة إلى ٢٠ سنة	٠,٨٣

١ — البروتينات : لا يمكن الاستغناء عنها بأى حال من الأحوال فى الغذاء ، حيث أنها المواد الوحيدة المحتوية على الأزوت والكبريت بشكل قابل للتمثيل والاستعمال بالجسم . فهى لازمة لترميم البروتوبلازم وتعويضه عما يفقده فى تفاعلاته الكيميائية المستمرة . ولبناء بروتوبلازم جديد فى حالات النمو فى الصغار ، وفى دور النقاهاة والتمرين العضلى والحمل فى الكبار . وأحماضها الأمينية لازمة لتكوين عدة مركبات فى غاية الأهمية بالجسم كالحائز وبعض الهرمونات والكرياتين وغير ذلك .

هذا ولا يجب أن يحتوى الطعام فقط على البروتين بل يجب أيضا أن يحتوى بروتين الطعام على كل الأحماض الأمينية الأساسية بكميات كافية — أى يجب أن يكون بروتين الطعام ذا قيمة غذائية وحيوية عالية — (أنظر ص ١٨٦) . وغالباً ما يكون البروتين الذى من أصل حيوانى ذا قيمة حيوية عالية ، ولو أن هذه ليست قاعدة ثابتة ، فمثلاً للجيلاتين قيمة حيوية منخفضة

جداً في حين أن لبروتين البطاطس قيمة حيوية عالية ، وأفضل البروتينات من حيث القيمة الحيوية هي تلك التي قدمها الله سبحانه وتعالى للحيوان الناشئ. كزلال اللبن وزلال البيض ، فإن كانت القيمة الحيوية لبروتين الطعام منخفضة تعذر النمو في الأطفال كما يتعذر التوازن الأزوتي والصحة بل الحياة في الكبار ، وكلما صغر السن زادت نسبة البروتينات ذات القيمة الحيوية العالية التي يلزم وجودها في الطعام ، ففي الأطفال الراضعين تكون البروتينات ذات القيمة الحيوية العالية مائة في المائة من بروتين الطعام (اللبن) ، والأطفال في سن سنة يحتاجون أن تكون البروتينات ذات القيمة الحيوية العالية أكثر من ٩٠ ٪ من البروتين الكلي للطعام . وعند سن الخامسة أكثر من ٦٠ ٪ وبين الخامسة والبلوغ أكثر من ٥٠ ٪ وفي الشخص البالغ ٣٥ ٪ على أقل تقدير .

وأما كمية البروتين التي يجب أن توجد في الطعام يوميا فقد كانت موضع تجارب وأبحاث كثيرة (ص ١٨٥ — ١٩٠) ، ولما كانت البروتينات غالباً أغلى مواد الطعام فإنه يلزم عند تموين هيئة من الهيئات اعتبار تكاليف التموين من ناحية واعتبار الصحة العامة من الناحية الأخرى ، ولو أنه قد وجد في بعض التجارب أنه يمكن بقاء الجسم في توازن أزوتي وبصحة جيدة على ما يظهر ، مع وجود كميات قليلة من البروتين في الطعام (٢٥ إلى ٤٠ جراما يوميا) ، إلا أن بقاء الجسم لمدة طويلة على مثل هذه الكمية من البروتين في الطعام غير مرغوب فيه ، ويقال أن ذلك يدعو إلى نقص في قابلية الشخص للعمل ومناعته الأمراض .

ومن الناحية الأخرى ليس هناك داع لزيادة كمية البروتين في الطعام زيادة كبيرة جداً ما دام أن البروتين الزائد يستعمل في الجسم كما تستعمل مائيات الكربون والدهون وليس له ميزة عنهما ، وقد ادعى البعض أن زيادة البروتين في الطعام قد يحمل الكلى من الجهد في إخراج فضلاته ما هو فوق

طاقتها ، فينتج عن ذلك مرضها ، ولكن ليس هناك أدلة كافية على ذلك .
وقد وجد إحصائيا أن أمراض الكلى أو الدورة الدموية ليست منتشرة في
كثرة في الجهات التي يتناول سكانها مقادير كبيرة جداً من البروتين (الاسكيمو
في جرينلاند مثلاً) .

وتقدر كمية البروتين اللازمة بالطعام بنحو ١,١ من الجرام يوميا لكل
كيلو جرام من وزن الجسم للرجل البالغ ، ونحو ٤ جرامات لكل كيلو جرام
من وزن الجسم للأطفال دون السادسة ونحو ٢,٦ جرام للأطفال فوق السادسة
ولا يجب أن تقل الكمية عن ذلك ، ولكن ليس هناك دليل كاف على أن
زيادتها فوق ذلك مضر للصحة^(١) ، هذا ويجب ملاحظة احتواء طعام
الحوامل والمرضع على كميات أكثر من البروتين .

ب — الدهون : يلزم وجود الدهون في الغذاء للأسباب الآتية :

(١) الدهون مواد قابلة جداً للمضم وتمتص كلها تقريباً .
(٢) تمتاز الدهون بأنها تبقى بالمعدة مدة أطول من غيرها ، وبذات طول
المدة الواقعة بين وجبة الطعام والاحساس بآلام الجوع ؛ ويستمر الشخص
مدة أطول بقابليته للعمل .

(٣) الدهون عبارة عن مواد غذائية مركزة أكثر من مائيات الكربون
والبروتينات ، فمثلاً لو تناول الشخص مائة جرام من الزبدة فقد تناول نحو
٧٠٠ سعر حراري ، إذ أن الزبدة لا تحتوى إلا على ٢٠ ٪ من الماء فقط ،
في حين أن الباقي مواد دهنية ، وأما إذا تناول الشخص مائة جرام من اللحم
الخالي من الدهن فإنه لا يأخذ إلا ما يعادل ٨٠ سعراً حرارياً فقط ، إذ
يحتوى اللحم الخالي من الدهن على أكثر من ٨٠ ٪ من الماء والباقي بروتين

(١) يدعى البعض أن زيادة اللحوم في الطعام زيادة كبيرة قد تدعو إلى مرض النقرس .

(٤) تحتوى الدهون على الفيتامينات الذائبة فيها ، وهى فيتامين

١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠

خامساً : تدخل الدهون فى تكوين بروتوبلازم الأنسجة ، وهذه
ضرورية للبروتوبلازم كالبروتينات ، وخصوصاً بروتوبلازم الجهاز العصبي
وأغشية الخلايا . وتتكون دهون الأنسجة من الفسفوليبيد .

سادساً : أثبت حديثاً بر (Burr) ومساعدوه وآخرون أن بعض
الأحماض الدهنية لازمة فى غذاء الحيوان كي تستمر الحياة . أما هذه الأحماض
الدهنية الأساسية فهى حمض لينوليك و لينولينيك (Linoleic & Linolenic)؛
فاذا منعت هذه الأحماض وقف نمو الحيوان ونقص وزنه وأصابه التهابات
فى الكلى والجلد وفقد الإخصاب .

ح — مائيات الكربون : يلزم وجودها فى الغذاء للأسباب الآتية :

(١) هى عادة أرخص المواد

(٢) تنبه أغشية الخلايا النباتية المكونة من مادة السيلوز والتي
لا يهضمها جسم الإنسان حركات الأمعاء وتمنع الإمساك (للحيوانات آكلة
الأعشاب المقدرة على هضم السيلوز) .

(٣) يمنع وجود مائيات الكربون فى الطعام تراكم الأحماض الخلوية
فى الجسم .

(٤) توفر مائيات الكربون البروتينات التى تستعمل بالجسم .

وأما الكمية اللازمة من مائيات الكربون والدهون فيمكن تغييرها كثيراً
بحسب شهية الشخص ومقدرته دون أن يؤثر ذلك فى الصحة ما دامت كمية
الأسعار الحرارية اللازمة كافية وما دامت نسبة المواد التى تولد الأحماض
الخلوية إلى المواد المضادة لتوليد الأحماض الخلوية بالجسم لا تزيد على ٢
(ص ٢٧٤) . ويبين الجدول الآتى تركيب طعام كامل من حيث المواد
الثلاثة العضوية :

١٠٠ جرام بروتين (ثلثها على الأقل من أصل حيوانى) تعطى
 $٤,١ \times ١٠٠ = ٤١٠$ سعراً حرارياً

١٠٠ • دهون تعطى $٩,٣ \times ١٠٠ = ٩٣٠$ •

٥٠٠ • مائيات الكربون • $٤,١ \times ٥٠٠ = ٢٠٥٠$ •

٢٣٥٠

المجموع الكلى

ويمكن إنقاص الدهون أو النشويات عن هذه الكمية إذا كانت زائدة
 عن حاجة الجسم . وبالعكس يمكن زيادتها إن كانت أقل مما يحتاجه الشخص .
 رابعاً : يجب أن يحتوى الغذاء على كل الأملاح الغير العضوية الضرورية
 وأهمها أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور والحديد
 والنحاس واليود .

وتلزم أملاح الصوديوم والبوتاسيوم لحفظ الضغط الأوزموزى بالدم
 وبسوائل الأنسجة والأنسجة نفسها . ويجب أن يأخذ الشخص على أقل
 تقدير جرامين من كلورور الصوديوم يومياً ، ولو أننا بحسب العادة
 نأخذ أكثر من ذلك فى طعامنا . ولا خوف من نقص البوتاسيوم
 فى الطعام إذ أن معظم الأنسجة الحيوانية والنباتية التى تتعاطاها تحتوى عليه
 بكميات كافية .

وتلزم أملاح الكالسيوم فى تكوين العظام وفى حفظها بعد النمو (ص ٢٩٤)
 ويجب أن يعطى الشخص نحو ٠,٦٥ من الجرام من الكالسيوم يومياً ، وهى
 ألزم ما تكون فى حالات النمو والحمل والرضاعة ويجب زيادتها عن ذلك
 فى هذه الحالات .

ويجب أن يحتوى الطعام على ١,٢٥ من الجرام من الفوسفور يومياً .
 ولما كانت البروتينات تحتوى على كميات كبيرة من الفوسفات فإن الطعام
 الكامل من حيث البروتينات يكون كاملاً من حيث الفوسفات .

ويلزم الحديد لتكوين كرات الدم الحمراء ؛ ويجب أن يحتوى الطعام على

نحو (١٥ — ٢٠) مليجراماً يومياً منها . ويلزم للأطفال من ٥.٠ إلى ٦.٠ من المليلجرام لكل كيلو جرام من وزن الجسم .
ويلزم وجود النحاس لنفس السبب ؛ إذ أنه يساعد على تكوين كرات الدم الحمراء ولو أنه لا يدخل في تركيبها .
أما اليود فأساسى لافراز الغدة الدرقية

وقد رأينا في الباب الحادى والعشرين أن المغنسيوم والزنك والمنجنيز والفلور قد تكون من العناصر الأساسية فى الطعام بمقادير قليلة .
خامساً : يجب أن يحتوى الطعام على كل الفيتامينات .

ويبين جدول (١٤) التركيب الكيمى والقيمة الحرارية لبعض الأطعمة .
وجداول (١٥) ما تحتوى بعض الأطعمة من الأملاح الغير العضوية ،
وجداول (١٦) ما تحتوى من الفيتامينات .

هذا ومن الأمور التى كثيراً ما تسبب نقصاً فى التغذية والتى يجب ملاحظتها دائماً أكثر من غيرها احتواء الطعام على كمية كافية من البروتين الجيد كاللحم والبيض والحب وعلى كمية كافية من الفواكه الطازجة والخضروات كمصادر الفيتامين ج إذا أن هذا الفيتامين يتأف بسرعة فى عملية طهى الطعام وتحضيره . وكذلك يجب أن يأخذ الشخص كمية كافية من اللبن وخصوصاً فى الأطفال النامين . وكثيراً ما يحرم الطفل النامى من اللبن إما عن جهل وإما عن فقر . والطفل الذى يحرم من رطل من اللبن على الأقل فى غذائه اليومى لا يعطى الفرصة الكافية للنمو . فبروتينات اللبن من أجود البروتينات فى قيمتها الغذائية ، ومن أصلحها فى بناء البروتوبلازم . ويحتوى اللبن أيضاً على الفيتامينات والكالسيوم والفوسفات اللازمة لبناء العظام . وقد أجريت تجارب عديدة على أطفال الملاهى فى إنجلترا وغيرها من الممالك ، وظهر بلا أدنى شك أن زيادة اللبن فى الطعام يساعد على نمو الأطفال ويكسبهم صحة ونشاطاً . فلا يجب بأى حال من الأحوال التقتير من وجهة اللبن

وخصوصا في غذاء الطفل وغذاء الحوامل والمرضع . وبالنسبة لما لل لبن من فائدة غذائية عظيمة ينصح هاريس (Harris) ربات البيوت أن يقسمن مصروف الغذاء بالتساوي ثلاثة أقسام ؛ فيصرف الثلث في اللحم والسمك والثلث في الفواكه والخضروات والثلث في اللبن .

وفي الأطفال الرضيعين كثيراً ما يكون لبن الأم أو اللبن المحضر فقيراً في الفيتامينين ج و د ولذلك يجب إعطاء الرضيعين قليلاً من عصير البرتقال الطازج يومياً للحصول على الفيتامين ج و قليلاً من زيت كبد الحوت كمصدر للفيتامين د وخصوصاً إن ظهرت أى أعراض لمرض الكساح . وقد سبق أن ذكرنا أن اللبن فقير في الحديد ويسبب ذلك فقر الدم للرضيعين بعد الشهر الرابع للولادة . ولذا يجب إعطاء الرضيع من الشهر الثالث فما فوق قليلاً من الشوربة المصنوعة من الخضروات والعظام .

هذا ويجرى العمل الآن بهمة عظيمة في معمل الكيمياء الحيوية بكلية الطب المصرية تحت إشراف الأستاذ على حسن لتقدير القيمة الغذائية والفيتامينية في أنواع الأغذية المصرية على اختلاف أنواعها . ويحتوى الجدولان ١٧ و ١٨ على بعض النتائج التى حصل عليها . وعند إتمام هذه الأبحاث وتطبيق نتائجها عملياً سيكون لها بلا أدنى شك أثراً كبيراً في رفع المستوى الصحى وفي منع كثير من أمراض التغذية المنتشرة في مصر كالكساح والعشى والبلاجرا .

جدول (١٤)

التركيب الكيميائي والقيمة الحرارية لبعض الأغذية الشائعة

سعر بكل كيلوجرام	الذاتية المئوية					
	رماد	مائيات كربون	دهن	ازوت البروتين $\times 6,25$	ماء	
						المحتمل:
٢٨٦٠	١,٢	—	٢٠,٤	٢٣,٥	٥٤,٨	البقرى
٣١٢٥	١,٢	—	٢٢,٦	٢٥,٥	٥٠,٩	الضأن
٢٨٧٠	٥,٨	—	٢١,٥	٢٢,٥	٤٩,٢	الخنزير
٦٦٦٥	٤,٤	—	٦٧,٤	٩,٩	١٨,٨	
١١١٠	١,١	—	٢,٥	٢١,٥	٧٤,٨	الدجاج
٧١٥	١,٢	—	٠,٢	١٦,٥	٨٢,٦	السمك
١٤٥٥	١,٥	—	٧,١	١٩,٥	٧٢,٥	الهرنج
٢٠٩٠	١,٤	—	١٢,٨	٢٢,٠	٦٤,٦	السالمون
٧٩٣٠	٣,٠	—	٨٥,٠	١,٠	١١,٠	الزبدة
٤٧٦٥	٣,٥	—	٣٨,٣	٢٩,٦	٢٨,٦	الجبن الأمريكي الأحمر
٧١٥	٠,٧	٥,٠	٤,٠	٣,٣	٨٧,٠	اللبن
١٦٨٥	٠,٨	—	١٢,٠	١٣,٢	٧٣,٢	البيض المغلي
٣٦٥٠	٠,٥	٧٥,٦	١,٠	١١,٤	١١,٥	دقيق القمح الأبيض
٢٦٥٠	١,٢	٥٢,٧	١,٢	٩,٣	٣٥,٦	الخبز الأبيض

تابع جدول (١٤)

التركيب الكيميائي والقيمة الحرارية لبعض الأغذية الشائعة

سعر بكل كيلوجرام	النسبة المئوية				
	ماء	البروتين ٦,٢٥	دهن	مائيات كربون	رماد
الفواكه :					
٦٤٠	٨٤,٦	٠,٤	٠,٥	٦٤,٢	٠,٣
١,٠١٠	٣٥,٣	١,٣	٠,٦	٢٢,٠	٠,٨
٨٠٥	٨٠,٩	١,٠	٠,٨	١٦,٧	٠,٦
٥٢٨	٨٦,٩	٠,٨	٠,٢	١١,٦	٠,٥
الخضروات :					
٣٥٣٠	١٢,٦	٢٢,٥	١,٨	٥٩,٦	٣,٥
٣٢٠	٩١,٥	١,٦	٠,٣	٥,٦	١,٠
٢٠٦	٩٤,٧	١,٢	٠,٣	٢,٩	٠,٩
٩٦٨	٧٥,٥	٢,٥	٠,١	٢٠,٩	١,٠
٤٠٩٠	—	—	—	١٠٠,٠	—
٦٢٩٥	٥,٩	١٢,٩	٤٨,٧	٣٠,٣	٢,٢
٥١٠٥	٤,٦	٢١,٦	٤٨,٩	٣٧,٧	٧,٢

(مأخوذ من كتاب بست وتابلور)

جدول (١٥)

الرماد الموجود ببعض الأغذية الشائعة

(عن لسك)

الموجود بكل مائة جرام من المادة الطازجة						
الحديد	الكالسيوم	المغنسيوم	الصوديوم	البوتاسيوم	الفوسفور	الكلورين
مجم	مجم	مجم	مجم	مجم	مجم	مجم
٣,٨	٨	٢٤	٦٧	٣٥	٢٢	٥٠
٣,٠	٦٧	٩	١٥	١٤	١٦	١٠٠
٠,٢	١٢٠	١١	٥١	١٤٢	٩٤	١٢٠
٣,٧	٩٣	١٢٧	٨١	٣٨٠	٣٨٠	٣٥
٠,٧	٨	٢٧	٢١	٦٨	٨٩	٥٠
١,٥	٢٦	٣٠	٦٩	١٤٦	٨٦	٧٦
٥,٢	٤٤	١٧٠	١٠٦	٥١٥	٤٦٩	٨٨
٧,٢	٧١	١٨٧	٢٤٥	١٧٤٣	٣٣٦	٢٥
١,٦	—	—	—	—	—	—
٠,٩	٤٩	١٤	٢٠	٢٤٣	٢٧	١٣
٥,٦	١٠٠	١٤٥	١١٨	٨٨٠	٣٩٧	٤٠
١,٢	١١	٢٢	١٩	٤٤٠	٦١	٣٠
٣,٨	—	—	—	—	—	—
٠,٣	١٠	٨	١٥	١٢٥	١٣	٤

(مأخوذ من كتاب بست وتابلور)

جدول (١٦)

القيمة الفيتامينية لبعض المواد الغذائية

الفيتامين						المادة الغذائية
E	D	C	B ₂	B ₁	A	
						الحبوب
						القمح :
+	-	+	++	+	الحبة كلها
+++		-	++	+++	++	الجنين
....	-	++	++	+	الردة
....	-	-	-	-	الاندوسبرم
						(الدقيق الأبيض)
						الأرز :
....	-	+	++	+	الحبة كلها
....	+++	الجنين
....	-	-	-	الاندوسبرم
+	-	+	- إلى +	الشوفان كله
						الذرة :
+	+	+	++	+	الأصفر كله
+++	+	+++	+	الجنين
....	.. .	-	++		الشعير كله
						الخضروات
....	كشك الماز غير مطهى
....	+++	++	++	(Asparagus)
....	+ إلى +++	....	+ إلى ++	+ إلى ++	البقول والحمص. البسلة

الفيتامين						المادة الغذائية
E	D	C	B ₂	B ₁	A	
						السكرنب :
.....	.....	++++	++	++	.....	الغير مطهى
.....	.....	+	.....	.....	+	المطهى لمدة ساعة
						الجزر :
.....	.....	++	+	++	++	الغير مطهى
.....	.....	+	.....	.....	.....	المطهى
.....	.....	++	.....	.....	++	كرفس غير مطهى
.....	.....	++	.....	.....	+	الخيار
+++	.....	++++	+	++	++	الحس
.....	.....	++++	.....	.....	++	الفلفل الأخضر
						البطاطس :
.....	.....	+++إلى+	+	++	+	الغير مطهى
.....	.....	+++إلى+	.....	.....	+	المطهى
.....	.....	+	.....	+	++	القرع
.....	إلى +	+++إلى+	++	+	++	السباخ الغير مطهى
.....	.....	++++	+	+	- إلى +	اللفت
						الفواكه :
.....	.....	+++إلى+	+	+	+	التفاح
.....	.....	قليل جداً	.....	.....	+	العنب
						الليمون
.....	.....	++++	.....	.....	+	أضاليا (Lemons)
.....	.....	++	.....	.....	-	بلدى (Lime)
+	.....	.....	.....	.....	+	البرتقال
.....	.....	+++إلى+	.....	.....	+	الشليك

الفيتامين						المادة الغذائية
هـ_E	د_E	ج_C	ب_2	ب_1	أ_A	
						اللحم والسمك :
++	....	- إلى +	++	++	....	لحم البقر
....	++	+	...	...	-	كبد الكتكوت
....	....	....	...	+	- إلى +	لحم السمك
....	....	....	+++	++	....	خلاصة الكبد البخارية
....	....	- إلى +	++	++	....	لحم الضأن
....	++	+	...	...	++	المحار
....	....	....	....	....	+	السالمون المحفوظ
						البيض :
....	-	-	++	-	-	البياض
++	+++	-	+	++	++	الصفار
- إلى +	- إلى +	+	++	+	+	لبن البقر
						الدقيق والزيت :
++	++	....	....	....	++	الزبدة
+	....	....	...	....	- إلى +	دهن الخنزير
- إلى +	+	...	+	....	++	القشدة
+++	....	....	...	....	++ إلى +	زيت الذره
++	....	....	....	....	+++ إلى +	زيت النخيل
+++	....	....	....	....	+	زيت حبة القمح
						كبد السمك :
....	+++	....	....	....	+++	الحوت
....	+++	....	....	....	+++	سمك الهلبوت (Halibut)

+ أى أن الفيتامين موجود بالطعام .
 ++ أى أن المادة الغذائية مصدر جيد للفيتامين .
 +++ غنى .
 (مأخوذ من كتاب بست وتابلور)

جدول (١٧)

التركيب الكيماوى لبعض الأطعمة المصرية

المادة الغذائية	ماء	بروتين	دهن	مائيات كربون	رماد	الياف
حبوب الحلبة	١٠,٣	٢٢,٧	٦,٠	٥١,٤	٢,٦	٧,١
"	١٠,٣	٢٤,٣	٦,٢	٤٩,٤	٢,٣	٧,٤
بصل صعيدى أصفر	٨٦,٨	١,٣	٠,١	١٠,٣	٠,٦	٠,٧
" " أبيض	٨٦,٣	٢,٢	٠,٣	٨,٩	٠,٧	١,٦
" " أحمر	٨٧,٠	٠,٩	٠,٢	٧,٩	٠,٥	٣,٥
" بحيرى	٨٦,١	١,٦	٠,١	١٠,٧	٠,٦	٠,٨
ثوم	٦٦,٧	٥,٤	٠,١	٢٣,٠	١,٣	٣,٦
طماطم	٩٤,٨	٠,٨	٠,٢	١,٦	٠,٥	٢,١
خضروات طازجة :-	.	.	.	.	.	.
فول	٧٥,٨	٧,٥	٠,٤	١١,٨	٠,٨	٣,٧
فاصوليا	٨٩,٠	١,٨	٠,١	٧,٠	٠,٥	١,٥
قلقاس	٧٤,٠	٢,٠	٠,٤	٢١,٨	٠,٨	١,٤
جزر أحمر	٨٨,٧	٠,٤	٠,٢	٨,٤	٠,٩	١,٠
جزر أصفر	٨٨,٦	٠,٦	٠,١	٧,١	٠,٧	٢,٣
باذنجان رومى	٩٣,٦	٠,٨	٠,١	٤,٤	٠,٦	١,٨
" بلدى	٩٢,٠	١,٥	٠,١	٤,٨	٠,٥	١,٤
خيار	٩٥,٨	٠,٨	٠,٣	٢,٢	٠,٤	٠,٥
قرع	٩٤,٥	١,٠	٠,٣	٣,٠	٠,٥	٠,٦
بامية	٨٥,٧	٣,٠	٠,٢	٨,٣	٠,١	١,٤

تابع جدول (١٧) لبعض الأطعمة المصرية

المادة الغذائية	ماء	بروتين	دهن	مائيات كربون	رماد	الياف
خس بلدى	٨٢,٣	١,٠	٠,٣	١٤,٩	٠,١	١,٤
كرمب	٩٣,٠	١,٢	٠,١	١,٤	٠,٥	٣,٨
كرنييط	٩١,٠	٢,٢	٠,٢	١,٠	٠,٨	٤,٥
فلقل أخضر	٩٦,٠	١,٢	٠,٥	١,٧	٠,٣	٠,١
خبيزة	٧٨,٠	٥,٥	٠,٦	٣,٦	٢,٦	٨,٩
سبانخ	٨٦,٣	٣,٣	٠,٣	٥,٤	٢,١	٢,٦

جدول (١٨)

تحليل كيمائى تام للقول وبعض منتجاته

منتجات القول	ماء	بروتين	دهن	مائيات كربون	رماد	الياف
القول ناشف	١٢,٨	٢٥,٠	٠,٣	٤٦,١	٢,٢	١٣,٩
قول مدمس	٦٧,٤	٩,٢	٠,٤	١٥,٦	٠,٨	٦,٣
د نابت بقشره	٦٤,٩	١٠,٣	٠,٣	١٧,٣	١,٤	٥,٥
د د مقشور	٦٤,١	١١,٥	٠,٣	١٦,٨	١,٣	٥,٧
مرق قول مدمس		٢,١		٥,٥		
شوربة قول نابت بقشره		٢,٧		١,١		
د د د مقشور		١,٤		٢,٤		

الباب السادس والعشرون

اللبن

اللبن سائل أبيض ، معتم ، حلو الطعم ، ذو رائحة مميزة خاصة ، تختلف كثافته بين ١٠٢٨ و ١٠٣٤ . وتفاعله حامضى قليلا وأسه الايدروجينى (٦,٦ - ٦,٨) . وتزداد حموضته بتعرضه للهواء ، وذلك لنمو الجرثومة باسيلوس لاكتيكوس فيه (Bacillus Lacticus) ؛ وهذه تحول ثنائى السكر لاكتوز إلى حامض اللبنيك .

ويحتوى اللبن على ماء وبروتين ودهن وثنائى السكر لاكتوز وأملاح معدنية وفيتامينات .

دهن اللبن : إذا فُحصت نقطة من اللبن تحت الميكروسكوب وجدت مكونة من سائل شفاف به نقط صغير من الدهن ، قطرها من $\frac{1}{100}$ إلى $\frac{1}{200}$ من المليمتر ؛ وهذه النقط الدهنية هى التى تجعل مظهر اللبن معتما وغير شفاف . وربما كان السبب فى انفصال النقط الدهنية عن بعضها وعدم تجمعها هو وجود طبقة رقيقة من بروتين اللبن تكسوها وتجعل المستحلب ثابتاً .

ويتكون معظم دهن اللبن من أسترات الجليسيرول - ثلاثى البالميتين وثلاثى الاستيارين وثلاثى الأولين - وبه كميات قليلة من أسترات الجليسيرول المحتوية على الأحماض الدهنية الصغيرة التى تتكون كلها من عدد زوجى من ذرات الكربون . ويحتوى اللبن أيضاً على قليل من الليسيثين والكوليسترول وعلى صبغة دهنية صفراء تسمى ليپوكروم (Lipochrome) . وإذا ترك اللبن ارتفعت النقط الدهنية إلى السطح وكونت طبقة من

القشدة (cream) وإذا رج اللبن — وخصوصاً إن كان حامضاً قليلاً —
تجمعت النقط الدهنية مع بعضها وكونت الزبدة (Butter) .

سكر اللبن : هو ثنائي التسكر لا كتوز الذى يتحلل بوساطة الخميرة
لاكتيزا الموجودة فى إفراز الأمعاء الدقيقة إلى جزىء من سكر العنب وجزىء
من سكر الجالاكتوز . وقد يوجد اللاكتوز فى بول المراضع إذ يمتص من
غدد الثدي بعد تكوينه إلى الدم . ولما كانت الأنسجة لا تستعمله قبل هضمه
إلى أحاديات التسكر فإنه يمر إلى البول ، وله المقدرة على اختزال محلول فهلنج
ولكن له أوسازون مخصوص ؛ ولا تؤثر فيه خميرة البيرة — وبذا يمكن
تمييزه عن سكر العنب الذى يظهر فى البول فى مرض البول السكرى .

بروتين اللبن : يوجد باللبن ثلاثة أنواع من البروتين ، وهى كازينوجين
والبيومين وجـ — لوبيولين اللبن (Caseinogen, LactAlbumin and
Lactglobulin) .

والكازينوجين هو البروتين الأساسى الموجود باللبن . وهو من فصيلة
البروتين الفوسفورى ؛ ويطرسب بالأحماض ويندوب فى القواعد المختلفة
ويتحول بوساطة الخميرة منفحين (Rennin) إلى كازين سائل أو پاراكازين
(Paracasien) وبروتين آخر يقال له بروتين الشرش (whey Protein) . وفى
وجود أيونات الكالسيوم يتحول الكازين السائل إلى كازين غير ذائب .
وتعمل الجبن من اللبن بهذه الطريقة ، فبإضافة الخميرة منفحين إلى اللبن
يطرسب الكازينوجين فى وجود أيونات الكالسيوم مكوناً جلطة تحتوى على
نقط دهنية بين ثناياها ؛ ثم تنكش الجلطة ويخرج منها الشرش . وهناك طرق
أخرى لتجبن اللبن بدون استعمال الخميرة منفحين : فإذا أغلى اللبن الطازج
لا يتجبن ؛ وأما إذا ترك ليتكون به حامض اللبنيك وأصبح فى درجة معينة
من الحموضة تجبن بالغليان . وقد يتجبن بلا غليان إذا ترك مدة أكبر
وزادت حموضته .

وأما أليومين وجلوبيولين اللبن فيوجدان بمقادير أقل من الكازينوجين ويبقيان في الشرش بعد تجبن اللبن . وهما يشبهان اليومين وجلوبيولين السيرم ولكنهما يختلفان عنهما في بعض الخواص مما يثبت أنهما بروتينان مختلفان . ويتجمع الأليومين والجلوبيومين بالحرارة . وإذا أغلى اللبن كونا قشرة على السطح .

الأملاح الغير العضوية : يوجد باللبن فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم وكلورور الصوديوم والبوتاسيوم وقليل من الحديد وآثار من أملاح أخرى .
الفيتامينات : يوجد باللبن الفيتامينات ١ ، ب ، ب_٢ ، ج ، د . وقد يوجد الفيتامينان ب و د بمقادير قليلة في اللبن الآدمي .

كما تقدم يمكننا أن نعتبر اللبن غذاء كاملاً ، وخصوصاً للأطفال حديثي الولادة ، إذ تحتوي بروتيناته على كل الأحماض الأمينية اللازمة للبروتوبلازم؛ ولكن هناك نقص في كمية الحديد الموجودة باللبن ولذلك نرى الأطفال الذين يطمون متأخرين يصابون بفقر الدم . ولا يستحسن أن يقتصر الكبار على اللبن كغذائهم الوحيد ، إذ أنه يجب في هذه الحالة أخذ مقادير كبيرة منه للحصول على الطاقة اللازمة ، وفضلاً عن ذلك فإن كميات البروتين والدهن الموجودة به أكبر نسبياً من كمية مائيات الكربون .

العوامل التي تؤثر في إفراز اللبن

هناك عوامل كثيرة ، نفسية وعصبية وهرمونية ، تؤثر في غدد الثدي من حيث تكوينها وإفرازها سنتكلم عنها فيما بعد (باب الهرمونات الجزء الثالث) ؛ وسنتكلم هنا فقط عن تأثير غذاء الحيوان وطول مدة الرضاعة بعد الولادة .

تأثير الغذاء في إفراز اللبن : قد عملت تجارب عدة لدراسة تأثير الغذاء

فى إفراز اللبن ، لىس فقط من الوجهة الاقتصادية الهامة بالنسبة لمواشى اللبن بل أيضا من الوجهة الصحية بالنسبة للأطفال الرضع . وقد أثبتت هذه التجارب أن للغذاء تأثيراً عظيماً فى كمية اللبن التى تفرز يومياً ، وفى نسبة الدهن والفيتامينات به ؛ ولكن نسبة البروتين وسكر اللبن والأملاح المعدنية لا تتأثير كثيراً بالغذاء .

فقد وجد فى الغنم والماعز أن نسبة الدهن فى اللبن تزداد كثيراً عند صيام الحيوان عن الطعام وتقل إذا أعطيت هذه الحيوانات طعاماً يحتوى على كثير من مائيات الكربون وقليل من الدهن . وإذا أضيف البروتين إلى الطعام زاد حجم اللبن ولكن لا ترتفع نسبة الدهن فيه ، وبذلك تبقى قيمته الحرارية منخفضة . وأما إذا استبدلت مائيات الكربون جزئياً بالدهن — بأن يعطى الحيوان يومياً من نصف جرام إلى جرام من الدهن لكل كيلو جرام من وزنه — فإن كمية الدهن باللبن تزيد كثيراً وبذا تزيد قيمته الحرارية والغذائية .

ووجد فى الكلاب أن أكبر كمية من اللبن وأغناها فى البروتين هى عند ما يعطى فى الطعام كثير من الدهن واللحم . وتقل نسبة الدهن — كما فى حالة الغنم — إذا منع الدهن من الطعام واستبدل بمائيات الكربون . وكذلك وجد للطعام تأثير كبير فيما يحتوى عليه اللبن من الفيتامينات . وفى البقر تزداد كمية الفيتامينين ١ ، ٢ كثيراً عند ما ترعى فى المراعى الخضراء ، فى حين تقل كثيراً عند ما يتكون الطعام من الحبوب والجذور الجافة . ومن المستحسن ألا تترك مواشى اللبن فى الظلام فإن تعريضها لأشعة الشمس يزيد فى كمية الفيتامين ٢ باللبن .

وقد كانت البقرة الحلوب منذ خمسين سنة تعطى الفلاح فى المتوسط ، ألف كيلو جرام من اللبن فى السنة . وأما الآن فإنه بوساطة تناسل أحسن الأنواع وتربيتها أمكن الحصول على قطعان من البقر تعطى ما بين ٣٥٠٠ ٥٥٠٠ كيلو جرام من اللبن فى السنة .

ولا تتغير نسبة البروتين في اللبن إلا قليلاً جداً حتى في حالة ما تضطر البقرة إلى استعمال أنسجة الجسم لتكوين بروتين اللبن . وقد وجدت نفس النتيجة في السيدات المراضع ، ففي إحدى التجارب مثلاً كان الطعام يحوى بين ٧,٨ و ٥ من الجرام من الأزوت يومياً فقط ، وكانت الأم تستعمل بروتين البروتوبلازم لصناعة بروتين اللبن مع أن قيمة الطعام الحرارية كانت عالية وتبلغ نحو ٤٠٠٠ سعر حرارى كبير يومياً .

وكذلك تبقى نسبة سكر اللبن ثابتة مع تغير كمية مائيات الكربون في الطعام أو مع تقليل كمية السكر في جسم الحيوان بوساطة حقنه بمادة الفلوردين التى تسبب إفراز السكر بالبول .

وعلى الأساس نفسه لا تتغير نسبة الأملاح المعدنية في اللبن حتى إذا كانت ناقصة في الطعام ، فقد وجد مثلاً أنه إذا كان طعام البقر أو السيدة المرضع ناقصاً في أملاح الكالسيوم بقيت نسبة الكالسيوم في اللبن ثابتة ، ويقدم الكالسيوم اللازم للبن من عظام الأم . ووجد أيضاً أنه أضيفت إلى الطعام كميات كبيرة من الأملاح المعدنية — مثل كلورور الصوديوم وفوسفات الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم — لا تتأثر نسبة هذه الأملاح في اللبن . وفي السيدات وجد أن أكبر كمية من اللبن تفرزها المرضع يومياً تقرب من لترين . وتفرز هذه الكمية عندما يحتوى الطعام على الخضراوات والبقول والفواكه والجوز ، ويستحسن أن يضاف إلى هذه المواد البيض واللحم واللبن حتى لا تفقد المرضع شيئاً من بروتوبلازم أنسجة جسمها لتكوين بروتين اللبن .

مما تقدم تستنتج أنه يجب أن تعطى السيدات المراضع كميات كبيرة من الطعام ذات قيمة حرارية عالية ، بها كثير من الدهن — كالقشدة والزبدة — وبها كميات كافية من البروتينات ذات القيمة الحيوية العالية ، وكميات كافية من المواد المحتوية على الفيتامينات والأملاح الغير العضوية وخصوصاً أملاح الكالسيوم .

تأثير مدة الرضاعة بعد الولادة في كمية اللبن : — تزداد كمية اللبن التي تفرزها المرأة بعد الولادة بالتدريج إذا أرضعت طفلها . ويبدأ الإفراز غالباً في اليوم الثاني أو الثالث بعد الولادة حتى ولو ولد الطفل ميتاً ولم يرضع من الثدي ، وفي هذه الحالة يقل انتفاخ الثدي تدريجياً ثم تضمر غدهه ويبين (جدول ١٩) متوسط كمية اللبن التي تفرزها الأم يومياً بعد الولادة.

جدول (١٩)
(عن ستارلنج)

الوقت بعد الولادة	كمية اللبن التي تفرز يومياً بالجرام
اليوم الأول	٢٠ جراماً
الـ الثاني	٩٧
الـ الثالث	٢١١
الـ الرابع	٣٢٦
الـ الخامس	٣٦٤
الـ السادس	٤٠٢
الـ السابع	٤٧٨
الأسبوع الثاني	٥٠٢
الأسبوع الثالث والرابع	٥٧٢
من الأسبوع الخامس إلى الثاني	٧٣٦
من الأسبوع التاسع إلى الثاني عشر	٧٩٧
الـ الثالث عشر إلى السادس عشر	٨٣٦
الـ السابع عشر إلى العشرين	٨٦٧
الواحد والعشرين إلى الرابع والعشرين	٩٤٤
الخامس والعشرين إلى الثامن والعشرين	٩٦٣
التاسع والعشرين إلى الثاني والثلاثين	٩١٦
الثالث والثلاثين إلى السادس والثلاثين	٩٠٩
الأسبوع السابع والثلاثون	٨٨٥

وقد يستمر الافراز مدة أطول من ذلك إذا لم يفطم الطفل . وتزداد كمية اللبن فوق المتوسط المذكور في الجدول السابق إذا كان الطفل كبيراً وقوياً ، وتقل مع ضعف الطفل .

ويسمى السائل الذى يفرز من الثدي بعد الولادة مباشرة باللبن (colostrum) ، ويتغذى به الطفل في اليومين الأولين بعد الولادة . وهو سائل أصفر به نقط دهنية وخلايا متعددة النوايا ومحملة بالدهن . والكازينوجين به قليل جداً أو غير موجود ؛ ويحتوى تقريباً على ٣٪ من البروتين البومين وجلوبيولين . اللبن ؛ ويوجد به اللاكتوز والأملاح المعدنية .

الفرق بين ألبان الفصائل المختلفة

تختلف ألبان الفصائل المختلفة عن بعضها . وهناك أدلة كثيرة على أن لبن كل فصيلة يناسب صغار نفس الفصيلة أكثر من صغار الحيوانات الأخرى . فقد وجد بنج (Bunge) مثلاً أن رماد لبن الكلاب يشبه في تركيبه الكيميائى تمام الشبه رماد الكلاب الصغيرة حديثة الولادة ، ولكنه يختلف كثيراً عن رماد الألبان الأخرى — كلبن البقر أو اللبن الأدمى . وهناك فرق واحد وهو أن أملاح الحديد في رماد اللبن أقل منها في رماد الحيوان الصغير . ولكن هذا الفرق قليل الأهمية إذ أن الحيوان الصغير يولد بكميات كبيرة من الحديد أكثر من الكبار .

وكازينوجين الألبان المختلفة له صفات كيميائية مختلفة أيضاً . ويقال إن خميرة منفحين المعدة أكثر تناسباً لتجبن لبن الأنثى التى من نفس الفصيلة وفضلاً عن ذلك فقد وجد بنج أن هناك علاقة بين النسبة المئوية للمواد المتركب من اللبن وسرعة نمو صغار الحيوانات المختلفة كما يتبين من جدول ٢٠

جدول (٢٠)

نوع الحيوان	الوقت الذى يلزم للحيوان الصغير ليضاعف وزنه بعد الولادة	النسبة المئوية		
		بروتين	رماد	أكسيد الكالسيوم
الإنسان	١٨٠ يوماً	١,٦	٠,٢	٠,٣٢٨
الحصان	٦٠	٢,٠	٠,٤	٠,١٢٤
العجل	٤٧	٣,٥	٠,٧	٠,١٦٠
الجدى	١٩	٤,٣	٠,٨	٠,٢١٠
الخنزير	١٨	٥,٩		
الخروف	١٠ أيام	٠,٩	٠,٩	٠,٣٧٢
الكلب	٨	١,٣	١,٣	٠,٤٥٣
القطة	٧	٩,٥		

ويلاحظ من هذا الجدول أنه كلما زادت سرعة نمو الحيوان زادت في اللبن كمية البروتين والأملاح المعدنية اللازمة لتكوين البروتوبلازم ، وزادت كمية الكالسيوم اللازمة لبناء العظام . وبين جدول (٢١) الفرق بالتفصيل بين تركيب اللبن البقرى الجيد واللبن الآدمى الجيد :

جدول (٢١)

نوع اللبن	بروتين %	دهن %	لاكتوز %	رماد %
بقرى	٣,٥	٣,٥	٥	٠,٧
آدمى	١,٥	٤	٧	٠,٢

ويرى من هذا الجدول أن اللبن البقرى يحتوى على كميات أكبر من الأملاح المعدنية ، أى الرماد . وفضلا عن ذلك فإن نسب الأملاح المختلفة

تختلف كثيراً في النوعين من اللبن فنسبة البوتاسيوم في اللبن البقرى ضعفاً في اللبن الآدمى ؛ ونسبة الكالسيوم ثلاثة أمثالها ؛ والصوديوم أربعة أمثالها ؛ والفسفور خمسة أمثالها في اللبن الآدمى . وعلى خلاف ذلك فإن كمية الحديد في اللبن الآدمى أكثر منها في اللبن البقرى بمقدار الضعف أو ثلاثة الأمثال . وقد تكون كمية البروتين الكبيرة الموجودة في لبن البقر مضرّة بصحة الطفل ، فهي تدعو إلى تجمّع اللبن في معدة الطفل في كتل كبيرة عسرة الهضم ؛ وحتى إذا هضمت جيداً فهي أكثر مما يحتاجه الطفل وتدعو إلى زيادة في سرعة التمثيل الغذائي نظراً لتأثيرها النوعى الديناميكى .


بما تقدم نستنتج أن اللبن البقرى — كما يفرز — لا يصح بحال من الأحوال أن يكون غذاءً للأطفال حديثى الولادة ؛ ولا يمكن أن يحل محل لبن لأم . هذا فضلاً عن أن اللبن وسط جيد جداً لنمو الميكروبات المختلفة ؛ وبقاؤه بعد الإفراز معرضاً للجو — وخصوصاً في جو حار في معظم شهور السنة كجو مصر — يجعله سريع التلوث . ومعظم النزلات المعوية التى تصيب الأطفال الراضعين بكثرة في الصيف وتدعو إلى وفاة كثير منهم منشؤها التغذية بألبان الأبقار أو الألبان الصناعية الأخرى الملوثة . فالأم التى تهمل إرضاع وليدها ترتكب في حق صحته جناية لا تغتفر ؛ إذ أنها تقدم إليه طعاماً غير طبيعى بدلا من ذلك الطعام الذى يقدم إليه الله سبحانه وتعالى ، والذى تتغير كميته وتركيبه الكيميائى تغيراً يتناسب مع نمو الطفل .


وهناك ظروف قد تحتم تغذية الطفل بلبن البقر ، كأن تكون الأم غير طبيعية ، أو كأن تموت بعد الولادة . وفي هذه الحالات يجب أن يخفف لبن البقر بالماء المغلى مرتين أو ثلاثاً حتى تصير كمية للبروتين به مساوية لتلك التى باللبن الآدمى ، ثم يضاف إليه سكر اللبن ودهن بكميات مناسبة . ويمكن الحصول على الدهن اللازم بأن يترك اللبن مدة ثم تؤخذ الطبقة العالية به والتي تتكون نسبة الدهن فيها أكثر منها في باقى الإِناء .

جدول (٢٢)

يبين أهم العناصر المعدنية وما يناظرها من رموز

الرمز	العنصر	الرمز	العنصر
ر	رصاص	لو	ألومنيوم
مغ	مغنسيوم	نت	انتيمون
من	منجنيز	ر	زرنك
ع	زئبق	با	باريوم
ني	نيكل	بر	بروم
ز	أزوت	كا	كالمسيوم
ا	أكسجين	ك	كربون
فو	فوسفور	كل	كلورين
بلا	بلاتين	كر	كروم
بو	بوتاسيوم	نخ	نحاس
ف	فضة	فل	فلور
ص	صوديوم	ذ	ذهب
كب	كبريت	يد	إيدروجين
ق	قصدير	ي	يود
خ	زنك	ح	حديد

 Bibliotheca Alexandrina



0513289